WHOLE
EARTH
DISCIPLINE

AN ECOPRAGMATIST MANIFESTO

地球的法则

21世纪地球宣言



[美] 斯图尔特·布兰德
Stewart Brand
著
叶富华　耿新莉　译



中信出版集团 · CHINACITICPRESS

版权信息

书名:地球的法则：21世纪地球宣言

作者:斯图尔特·布兰德

ISBN:9787508660882

中信出版集团制作发行

献给

约翰·布罗克曼

他使科学家可以直接面向公众发表言论

“这是一本真正重要的书，阅读起来也非常愉快。”

——詹姆斯·洛夫洛克，《盖娅的报复》（*The Revenge of Gaia*）的作者

斯图尔特·布兰德（Stewart Brand）终生都是生态学家、未来学家，在他眼里，所有事情都是可以解决的设计问题。布兰德认为，目前世界上有三种重要的转变正在发生。气候变化是真的，并且正促使我们将地球视为一个整体来管理；城市化——现在世界上半数的人口都居住在城市里，到21世纪中叶这一比例将达到80%——正在改变着人类对土地的影响以及人类财富；再有，生物技术正在成为地球上最主要的工程工具。正是在这些改变的背景下，布兰德建议，环保人士要转变那些他们长期固守的观念，并且去接受一些他们先前不信任的工具。只有对传统的绿色悲悯心态进行一次彻底的反思，才能让我们的地球资源免遭灾难性的毁灭。

《地球的法则》打破了一系列的神话。城市是绿色的——城市是收入的源泉，同时也是效率以及创新的集中地。当农村逐渐被遗弃之后，大自然重新回归到农村。核电也是绿色的——这个在其他很多国家有证据表明其高效性和安全性。生物技术以及基因工程都是绿色的——我们可以设计出只需更少的土壤更少的杀虫剂就能生长的作物，也可以创造出可以用来做任何事的微生物：从制造新型燃料，到抵抗外来物种入侵，保卫本地生态系统等。

这本书同时具有科学家的、反直觉的观察与富含热情的倡议。布兰德给我们展示了我们面临困境的缘由，并且提出了一系列大胆而富于创见的策略建议，以及一些基于设计得更可持续的社会解决方案。

《地球的法则》不仅仅是提倡我们要做出习惯上的改变，而且还需要有根本性的哲学上的改变，才能胜任地球守护者的角色。布兰德说，环保运动最终必须紧跟科学的发展，而不仅仅是在有必要的时候才运用科学。我们要学会如何来管理地球的天然基础设施，尽可能少地破坏，同时在必要的时候加以尽可能多的干预。

媒体评论

“斯图尔特·布兰德是一个颠覆常理的人，而这本书则再次显示出他思维的高度，也是他一生当中最重要的一本书，并且很有可能成为21世纪最具原创精神以及最为重要的书之一。正如书的标题所暗示的，这本书讲的是如何进行有规则的思考。一切的组织套话、纯意识形态的论调以及关于绿色的狂热都被搁置到一边，取而代之的是由多年研究以及前瞻性的思考而获得的清晰和睿智的见解。这本书是一个振聋发聩的探索，它告诉我们人类可以并且必须做些什么事情，才能把人类文明挽留下来。对于一本书，能给到的最高评价是‘这本书改变了我的想法’。这本书确实改变了我的想法，我对此非常感激。”

——保罗·霍肯，《看不见的力量》作者

“假如你对地球的未来或者是对悲观者与乐观者之间的对抗感兴趣，那就把这本书从头到尾读一遍吧，并且要准备好加入这场由此引发的激烈的论战当中。”

——保罗·罗姆，斯坦福大学国际发展研究中心高级研究员

“这本书是一个告诉你如何有智慧地改变你的心智的短期课程。斯图尔特·布兰德是一位能够捕捉早期适应者的变化信号以及能够走到科学边缘的大师。在这本书里，他给我们展示了这样一种做法是如何让他再次走到了文化转变的最前沿。”

——凯文·凯利，《新经济新规则》作者

“这是一本由一位非常聪明的人写的让人非常恐惧的书，它所展示的是一个同时充满坏消息但又让人欣喜的人类未来。我相信这个世界必须而且很快将会展开一系列关于人类所面临的不可忽视的挑战的辩论。而这些辩论将以少数充满睿智但又具有一点儿挑衅性的文本作为核心：这本书应当成为这少数文本当中的一本。”

——爱德华·O·威尔逊，哈佛大学荣誉教授

“斯图尔特·布兰德现在拥抱了科学以及工程学，他认为这是我们赖以度过因为全球气候变暖而急速出现的危机的手段。布兰德的这本新书就像他的人一样，聪明、务实、睿智并且充满善意。”

——理查德·罗德斯，《原子弹之诞生》作者，
该书获得了普利策奖

“我非常喜欢这本书，包括其中一些我持相反意见的章节。斯图尔特·布兰德的心智非常清晰、理性、富于激情。他的文笔同样如此。”

——马特·里德利，《基因》作者

“这绝对是一本具有重要意义的书，写得非常好。它是一本巨著，展示了很多彼此相连的世界、生命以及研究。它有可能成为这十年内最重要的书之一。”

——拉里·布利连，Google.org创始主管



第一章

规模、范围、代价、速度

我们就是上帝，我们**必须**做好这个角色。

——《地球的法则》

气候变化、城市化、生物科技，这三件正在蓬勃发展中的事，将逐渐成为21世纪的重要议题。我们今天如何理解这些议题将决定它们未来的走向。我们可以看到关于这三件事有许多幻觉，但另一方面，它们的真相是可知的。

当我们谈论气候变化这个问题的时候，每个人都是环保主义者。这不仅仅对于那些一直认为自己与环保不相关的人士是很痛苦的一件事，对于那些一直以来都高唱环保论调的人士更是难以接受。活动家比尔·麦吉本（Bill McKibben）最近说："环保运动现已演变成气候变化的运动了。"这就意味着今日的环保人士不再仅仅是去保卫自然生态系统使之不被侵害，他们也要开始去捍卫人类文明本身。对于每个人来说，这都是一个很大的冲击。

而一旦我们的角色开始转变，我们所固守的意识形态也要开始转变。但是，意识形态是很难改变的。那我们可以灵活地换个角度去想，我们可以采取实用主义的做法——"去思考我们行为的后果，而不是拘泥于理论或规则本身"。这是一种更为深刻的转变，它不是从一种意识形态转换为另一种意识形态，而是要彻底抛弃意识形态。

我们现在还不知道我们需要进行多大程度上的反思，才能真正理解目前的既有变化以及该如何应对这些变化。这一次的变化是全球性的，时间上会影响到几个世纪，受影响的是人类文明本身，而所有这些都是伴随着不断加速的人类技术，以及不断剧变中的气候而发生

的。我们讲“拯救地球”是言过其实了，因为地球本身不会遭到损害，不管发生多大的灾难；生命圈也不会遭到损害。处在危机中的是人类本身。但既然我们是自己把自己扔到这个烂摊子里，我们自己也该设法去补救。

*

我读过的关于气候变化的最好的论著，是哈佛大学考古学家史蒂芬·勒布朗（Steven LeBlanc）写的《持久的战争》[*Constant Battles*，2003，合著者是凯瑟琳·雷吉斯特（Katherine Register）]。该书引用了大量的考古学和人类学证据，勒布朗认为，人类一直以来都在开展着血腥的战争。从狩猎部落到农耕部落到酋长部落，再到早期的复杂文明，通常有25%的成年男子是因为战争而丧生。没有人想打仗，但是他们经常不得不面对这样的事实：要么饿死，要么去掠夺自己的邻居。而他们更倾向于彻底地歼灭自己的邻居。

这本书充满了很多令人惊悚的发现。研究者对墓葬进行分析，他们发现，在那个年代，大规模的残杀是很常见的，另外，人吃人的现象也很普遍——不是为了仪式，而是为了营养。在很多考古现场看到的“炊事用石”实际上是武器——本质上就是投石器（《圣经》里的大卫就是用这玩意儿杀死歌利亚的）。狗是最先被驯养的，因为它们是最好的哨兵，所以所有的狗都会吠（但是狼不会吠）。大多数的城市都是用城墙围起来的。

勒布朗认为，人类一直都在进行战争，因为人们需要的东西总是大于自然环境的供给，于是他们就需要与其他人争夺资源。原住民有一套神秘的方法，去找到哪怕是最难发现的食物，因为容易发现的食物资源都被他们自己灭绝了。假如自然的承载能力突然有所提升，也会偶尔出现和平时期，例如农业的发明，或者新的有效率的国家机器的出现，或者是与异域的贸易，或者是科技上的突破。另外，发生重

大的瘟疫之后的一段时期也会是和平时期，例如刚经历了大瘟疫的欧洲，或因为欧洲传入的传染病而造成人口大量死亡的美洲。但是这样的间歇期是短暂的：人口会再次迅速上升，直到突破承载力的限度，于是战争再次爆发。

勒布朗指出，只是在过去的几百年里，先进国家才逐步地把死于战争的人口比例下降到3%的水平，尽管在这期间发生了几次全球范围的战争和种族屠杀。现代战争不再像过去那样会歼灭所有的敌人，而是仅仅歼灭可以获胜的敌人数量就停止了。他们会让那些幸存者回去继续工作。国家也会利用其国家机器、先进的技术以及国际行为守则去提高可承载能力，有时候甚至会与交战国建立良好的关系。

但假如其他地方的承载能力因为气候变暖而降低的话，所有这些文明的成果都会付之东流。人类将会再次回到为了争夺不断减少的资源的竞争当中。那些和平爱好者则会被战争爱好者杀害和吃掉。

这就是我在阅读勒布朗的书的时候所想到的一个情景。因为气候变化已经在发生了，我们必须做出选择。假如我们不做任何事情或者是做得不够，我们将会面临一个所有人对所有人发动战争的局面，而这一次大家都有了大规模杀伤性武器，因此死亡的人数将会是数以十亿计。勒布朗总结，另外一种可能是：

> 历史上第一次，科学以及技术使得我们可以理解地球的生态系统本身，以及人类行为对生态系统的影响，也使得我们可以控制人口增长速度，并且提升地球的可承载能力，从前我们根本想象不出这样的做法。人类与自然长期共存的机遇就掌握在我们手上，只要我们做出正确的判断和行动。这是一个机遇，我们可以打破这个数百万年来的冲突和危机的循环。

2003年以前，我对于气候变化只是一般性的关注。早在1982年的时候，我和妻子就搬到一艘老式的拖船上居住，因为住在船上就不需要担心加州经常出现的地震和野火。事实上，这样的住所尽览海景，同时又无须担心因为全球气候变暖而导致海平面上升。在那个时候，去想象一下气候变化的未来是有趣的，尽管其实形势很严峻，但感觉它非常遥远。

1987年，我参与创办了一个叫“GBN”（全球商业网络）的咨询公司，现在我一半的时间是在为这个公司工作。2003年，GBN接到来自美国国防部的请求，去建立一个关于“气候突变”的预测。我当时只是扮演一个边缘角色，对一些气候学专家进行了电话采访，也贡献了一个点子。同年秋季，我们递交了这份调研报告，题为“关于气候突变的预测及其对美国国家安全的影响”（*An Abrupt Climate Change Scenario and Its Implications for United States National Security*），报告的作者是彼得·施瓦茨（Peter Schwartz）和道格·兰德尔（Doug Randall）。

我们得出的预测是基于一个发生在8200年前的事件，那时候地表温度在不到10年的时间内突然下降了2.7摄氏度（5华氏度）。在气温图表上可以看得出陡然下降的趋势，就发生在一个世纪的时间里。这个与人类12700年前所经历的气候突变完全不一样（那一次是气温突然下降了15摄氏度，亦即27华氏度），并且这一气温保持了1000年。对于这两个事件，有这么一个解释，就是海湾地区的洋流被来自北大西洋的超量淡水所减缓或停止，而这些都是由气候变暖导致的（自2003年以来收集到的数据不同程度地反驳或支持了这一理论，没有人否认气候突变确实发生过）。

由于我们今天面临的气候变暖是来自北极冰川的融化，并且因此导致了北大西洋海水的淡化，GBN的情景里就提及假如我们在2010年突然走进一个“轻微”的变冷期（就像8200年前一样），会导致什么事

情发生。我们得出的结论是，假如全球突然变得更冷、更干燥、更多风，会使得全球主要的农业区面临水灾，同时也会带来严峻的冬季气候，以及在未曾预料到的地区遇到恶劣的风灾和洪水。该假设估计，到2020年，欧洲的气候会变得像今天的西伯利亚一样。到那个时候，全球的食品、饮用水以及能源供给都将变得紧张。到那个时候，地球上将会有75亿人口，但地球的承载能力将不能胜此重任。这份报告最后是以我从勒布朗的著作里获得的启发来作为总结，那就是，任何一个试图超越地球承载能力的社会，最终都会因为争夺资源而诉诸战争，这是亘古不变的模式。于是，到2020年，战争、疾病、饥荒将会使地球上的人口下降，直到剩下的人口不至于超出那时候的地球承载能力为止。而五角大楼则是这一情景的合适的客户。

我们特意没有把这一预测保密，而是把它放到了互联网上，《财富》（*Fortune*）杂志也做了一个摘要报道。开始时一些专门研究气候变化的机构对此嗤之以鼻，但不久后这份报告开始被广为引用。在我们这份报告以及其他几份同行的报告里所提到的气候突变的概念，使得公众关于气候变化的讨论开始发生转变。从那时候开始，气候变化才被大众看作一个清晰并且真实存在的威胁，并且解决这一问题是现在全球各国领导人的责任，而不是留给后代去解决。公众关于这一话题的讨论也发生了突变。

*

假如说GBN的预测让你感到担忧，那大可不必。2007年，政府间气候变化专门委员会（IPCC）在调查了23个关于气候变化的模型之后，得出结论，认为气候学家所担心的海湾洋流变化是不准确的。来自挪威的黑尔格·德兰格（Helge Drange）教授说："地表空气变暖的趋势是如此之快，以至于即使北大西洋洋流速度减缓，也不会让欧洲变冷。"或者我们有更多理由表示担忧。2008年一份对格陵兰地区冰核的研究报告显示，1.2万年前由于海湾洋流发生变化而导致的气候突变

不是在几十年的时间里缓慢出现的，而是在短短的一到三年内出现的。

今天，假如你去追踪气候学家的研究，会感觉像是在听小孩子讲笑话：有两个人在开飞机。不幸的是，其中一个从飞机上掉下来了。幸运的是，地面上有一个干草堆。不幸的是，干草堆里有一根长叉。幸运的是，这个人躲过了长叉。不幸的是，他没有掉到干草堆里。

幸运的是，IPCC的气候模型足以让全球数千位气候专家公开宣布，气候变暖确有其事，并且这一变化主要是由于人类排放温室气体（主要是二氧化碳和甲烷）所导致。到2040年，这一变化将给全球造成极其严重的后果，并且会愈演愈烈。不幸的是，IPCC的模型并没有预估到北极冰川的迅速融化。到2007年，就有一半的北极冰川已经融化，远早于报告上预测的21世纪50年代。

在2006年和2008年，GBN为北极海洋协会做了两场关于北极地区未来海运趋势的研讨会。我了解到，已经有65艘水面舰艇到过北极，现在有多达几百艘的游轮途经北极。同时，北极地区的海鱼以及渔业也在北移。位于加拿大北部曾经非常神秘的西北航道现已通航，俄罗斯则开始在北极地区修建海港，进而为所有来自欧洲和亚洲的航船带来捷径。参加这次研讨会的有24位不同身份的船长、海岸保卫队成员、极地科学家、外交官以及CEO（首席执行官）。针对因为冰川融化而导致的交通需求，美国以及国际层面应对此类需求而可能采取的关于航海、安全以及环境保护方面的政策，他们最后得出了四个方案。这四个方案都预设北极冰川将继续消融下去。

*

因为冰川消融会带来正反馈。冰川可以反射85%的太阳光，黑暗的海洋也可以吸收太阳光，只反射5%的太阳光。剩下的冰川越少，北极

所吸收的太阳光就越多，从而加速冰川的融化。这就是正反馈。这种从冰到水的转变现象就叫作反照率转换。

需要注意的是，这里提到的“正反馈”里的“正”可不意味着“好”。它通常是意味着麻烦，因为它会加速变化的发生。在维基百科里，“正反馈”的解释是：

> 正反馈，有时候也可以说是“累积反应”……是一种反馈回路，系统对干扰的反应就是加剧干扰。相反，那些从相反方向做出反应的就叫“负反馈系统”……正反馈的最终结果通常就是起到增大或者是爆炸性的作用，也就是小小的波动会产生巨大的改变。

北极冰川的另一个正反馈的例子是北极苔原永久冰层（现在已经不再是永久了）的融化，其消融会释放出大量可导致温室效应的甲烷，这些气体是过去冻结于此的植物所释放出来的，同时还会有甲烷从冻土层里的可燃冰蒸发出来。大气里的甲烷含量越高，冰层融化速度就变得越快，如此循环反复。随着北极冰川的融化，绿叶带北移，针叶林会代替原本苍白的苔原，从而吸收更多的热量，并加剧正反馈效应。

有一个重要的负反馈也许会发生，但是其机制还非常神秘。无论是因为大气层本身的变化，还是因为人类活动，最近一些年，土地所吸收的二氧化碳量大于从土地上释放出来的二氧化碳量。“令人惊喜的消息是，从全球范围来看，过去几十年，光合作用的速度大于植物分解的速度。”这是大气科学家斯科特·丹宁（Scott Denning）的说法，“无论你是否相信，就全球范围而言，植物生长的速度大于其死亡的速度。这就意味着土地是二氧化碳的净吸收者，而不是排放源。”这也许就是普通的二氧化碳催生方法——因为更多的二氧化碳是有利于作物成长的，人们使用人工暖房种植植物也是这个道理。也

许是在北方针叶林地区，更长的生长期使得更多的森林得以成长。另一方面，人们对森林大火的控制也使得森林的生长成为可能；也许那些遍布于各地的废弃的农场重新长起了森林；或者是因为过度放牧，使得灌木丛逐渐取代了一般的草丛；也许是来自农业以及汽车尾气所排放的过量的氮气，使得森林得以长足生长。除非这一神秘的碳吸收的真相被发现，否则我们所能理解的气候模型都仍将保持模糊而且难以预估的状态。

地质学家理查德·阿利（Richard Alley）说，千百万年来，地球气候疯狂地发生变化其实是一个常态。而我们现在显然是走进了一个新的变化期，导致这些变化发生的原因就是前面所提到的正反馈、诱发事件和峰值效应，而这些都还没有被放到我们的气候模型里。也许，需要等到我们在非线性代数方面取得一些突破之后，才有可能把这些可能的原因放到气候模型里进行研究。有一本书就是讲述这一方面的话题，它是弗雷德·皮尔斯（Fred Pearce）的《速度与暴力：为什么科学家害怕气候变化的临界点》（*With Speed and Violence: Why Scientists Fear Tipping Points in Climate Change*，2007年）。

*

过去，我们已经经历过一些诱发事件。1.28万年前，北美洲一个巨大的淡水湖突然注入了北大西洋，这就是晚冰期全球气温骤降现象。另外一个非常奇怪的突发事件发生于5500万年前，当时有1万亿吨的甲烷因为甲烷可燃冰（别名是甲烷气水包合物）的融化而溢出海水，冲向海平面。这一事件使得全球气温上涨了8摄氏度（14.5华氏度），使得2/3的海洋生物灭绝，其对地面的灾难性的影响不亚于在此1000万年前彗星撞地球而导致恐龙灭绝。按照弗雷德·皮尔斯的说法，当时有1万亿到10万亿吨冻状的甲烷被困在海底。而这些甲烷突然间喷发则被称为“甲烷气水包合物枪”假说。芝加哥大学气候模型专

家戴维·阿彻（David Archer）指出：“最恐怖的是，气候变暖会导致那些一直藏在海底的甲烷被释放出来，假如这些气体都释放到大气里，其浓度会是现时大气中温室气体的10倍。那时候，我们将直接目睹大规模的物种灭绝。”

另外，在南极，存在另一个诱发因子。幸运的是，南极西部冰盖依然安全地处于南极大陆上，被罗斯冰架包围着。不幸的是，罗斯冰架已经开始以极快的速度消融。假如南极西部冰盖滑进大海里并且融化的话，海平面将会上升16英尺（事实上会比这个更严重，因为格陵兰冰盖也在消融）。

峰值效应则更为难以察觉。那些缓慢发生的变化不会有明显的迹象，好像一切都很正常，但突然有一天，整个系统开始发生剧变，不可逆转地进入另一状态。现在，热带雨林依然在自己呼云造雨，并且把大量的碳收纳到自身的系统里，减慢了全球变暖的速度，甚至好像不会受到气候变化的影响。但某一天会达到一个峰值，到那时，热带雨林就会像北极冰川那样急速被侵蚀，最后剩下的就会是热带草原、灌木丛以及沙漠。森林作为碳吸收器的角色将消失，那些挡住太阳光的乌云也会消失，不计其数的物种将会灭绝，并且我们将不再有可能令其复原。让热带雨林达到那样一个灭绝状态所需要的峰值是多少？研究员理查德·贝茨（Richard Betts）和彼得·考克斯（Peter Cox）认为，只需气温上升3摄氏度（5.4华氏度）。2007年的IPCC报告预计，到2050年的时候，全球热带雨林将彻底毁灭。

关于海洋，我们有已知和未知两种峰值。假如海表温度上升至14摄氏度（57.2华氏度），海表将会分层，使得蕴含在冷水里的营养素无法得到光照。蓝藻将不能生长，大片的海洋走向死亡，其储存碳的能力也会大大减弱。另外一个重要的方向是，由于空气里二氧化碳浓度增高，海水的酸性也随之增强。那些能够产生碳结构的海洋生物，例如珊瑚、贝类，以及遍布于公海中的硅藻都将失去生存的基础，其

原有的碳结构将会溶解。于是，本来作为碳容器的海洋，曾经涵养了人类产生的1/3的碳，这样一来则变成了碳排放源，从解决问题的答案变成了问题本身。而这样一个峰值又会是哪里呢？还没有人知道。

科学作家约翰·考克斯（John Cox）于2005年写了一本书——《气候雪崩：气候突变以及我们的未来》（*Climate Crash: Abrupt Climate Change and What It Means for Our Future*）。他在书中总结了为什么我们的气候模型至今依然未能做出准确预测的原因：

> 气候系统是一个非线性的系统，意思就是，其输出不一定与其输入成正比——换言之，有时候一些微小的变化，都可以起到巨大的作用。这一系统充满了各种各样的反馈、不断循环的物理信息交换，且各自在其相应的时间范围内进行，而所有这些都会对其他的过程产生放大或阻碍的影响。这些正负反馈的交互据说是会在系统的多个不同的峰值附近取得平衡，而一旦超出了这样的一个峰值，不管是由于内部还是外部的任何诱发机制，都会使得那些重要的因子发生剧烈震动或者是急速的变化，于是整个系统就进入了一种异常的运作状态，或者说是进入了新的平衡。所有这些因子，所有这些时间因素，它们之间的相互作用，使得整个系统充满了令人惊讶的情况……气候就是这样一个非线性的系统，它总是在冷、干、湿、暖的不同状态之间来回变动。

气候总是可以带给我们惊讶，其内在的稳定性也会让我们吃惊。假如我们听从这样的变化规律，就会像玩俄罗斯轮盘赌，将左轮手枪的6个弹膛里面放入5颗子弹，只留下一个空弹膛——可谓九死一生。

*

有些气候事件事实上已经对人类造成了影响。虽然我们采取了控制的措施，但是森林火灾还是到处发生，就像一位科学作家所写的：“伴随着全球变暖，我们得到的不是一场大火；我们得到的是绵延不

断的大火。”发生在干燥的森林里以及在泥炭沼（例如在印尼的那些）的野火可以向空气中排放大量的二氧化碳，这些气体会使得陆地和植被暖化，而暖化又使得植被本身更容易着火。2007年，发生在希腊南部的一场大火使得曾经在当地支持度颇高的科斯塔斯·卡拉曼利斯（Costas Karamanlis）政府下台。而澳大利亚持续不断的洪灾则使得该国政府倒台，于2007年上任的新一任首相上台之初即提出要签署《京都议定书》（*Kyoto Protocol*），明显区别于前任政府对气候变化的否认态度。但是在不久之后，新政府还是要应对新的森林大火。

研究表明，更高的气温在欧洲正在以每10年25英里的速度向北推进，与此同时，动植物北移的速度仅仅为每10年3.75英里。而这恰恰是一个会导致物种灭绝的趋势。现在，在伦敦的邱园，你也能看得到橄榄树以及鳄梨树了。而随着海洋暖化和酸化趋势越来越严重，人类继续过度地捕鱼，海蜇开始北迁，使得爱尔兰海的大批渔场纷纷衰亡。在非洲，那些喜欢炎热气候的蚊子则带着疟疾和登革热病毒北迁，甚至把这些病毒带到了欧洲南部。

另外，青藏高原的冰川融水原本可以为中国、印度北部以及东南亚所有的河流提供水源，现在也正在消失。有30亿人需要依靠这些河流来生存。另外还有1亿的印度人是依靠“季风季节”带来的雨水维持生存。由于海洋变暖，太平洋中部的季风也被干扰，而有赖于厄尔尼诺周期出现的雨季也因此变得更加难以预测。

人类如何面对这些气候灾难还有待研究。GBN一直在研究越来越多这样的极端气候现象所带来的后果，例如2003年发生在欧洲并且使得法国和意大利有3.5万人丧命的热浪。GBN的尼尔斯·吉尔曼（Nils Gilman）说，虽然单独发生的一次极端气候现象还相对比较容易对付，但假如有两个这样的事件连续发生，其影响会更为严峻，因为我们大多数的复原方案都只是针对一次事件而设计，没有针对多次极端事件而设计的复原方案。在现实中，政府则会遇到一连串的气候突发

事件，而不是一次一次顺利地过渡。因此，将会有一些国家因为环境遭到破坏而垮掉，而且这种可能性非常大。

连续经历多次这样的事件会击垮一个社会，而假如这些事件持续下去，则会消灭一个社会。复杂的社会可以应付一次干旱，但不能应付持续几十年的干旱。“它们就是最有代表性的毁灭人类文明的杀手。”人类学家布赖恩·费根（Brian Fagen）说。正是干旱使得中东以及中美洲的古代帝国走向消亡。没有雨水，农业就没有收成，城市会开始萎缩，人们就会出走。而那些留在原地的居民则是在祖先留下的辉煌业绩的废墟里搭建他们的窝棚。在21世纪，虽然海平面的上升本身就是极大的灾难，但这和永久干旱相比，不过是短暂的，而且人们可以对此进行补救。

*

“我们必须了解到，地球系统正处于正反馈期，并且将不可避免地走向过去曾出现过的炎热期。”这是大气化学家詹姆斯·洛夫洛克（James Lovelock）在2007年为英国皇家科学院的科学家们做的一次报告里提到的。“对于那些有正反馈的系统而言，其自身所带的危险实在是太大了，再三强调也不为过。”

洛夫洛克写了两本书，分别是《盖娅的报复》（*The Revenge of Gaia*，2007）以及《正在消失的盖娅》（*The Vanishing Face of Gaia*，2009）。迄今为止，针对我们即将面临的危险，这两本书提出了最为明确的警告，同时也提醒我们必须采取彻底而果断的措施，才能应对这样的挑战。从1974年开始，我就慢慢学会了去相信洛夫洛克的判断。那时候我是《共同进化季刊》（*CoEvolution Quarterly*）的编辑，我们的杂志率先发表了洛夫洛克的盖娅假说，文章由洛夫洛克和微生物学家林恩·马古利斯（Lynn Margulis）两人合写。他们认为这一生命系统包含了“物理的、化学的、生物的以及人类的这些元素”。从那时起，他们关于地球是一个活着的、有自我调节能力的生

命系统的观点就从假说发展为理论，并且正式发展成为地球系统科学，这一理论为洛夫洛克赢得了无数奖项。

当洛夫洛克在皇家科学院的演讲结束以后，我给他打了一个电话，问他为什么30年来一直以乐观著称的他现在也变得如此充满警惕。他回答说："按照IPCC的估计，到2040年，欧洲、美洲以及中国都将不再适宜种植粮食作物。可是，科学家还严重低估了气温上升的速度，因此，我们有可能在2025年就会遇上这个预计发生在2040年的灾难。可是人们还不清楚我们只剩下那么一点点时间了。整个地球真的是要动起来了。"

"会有什么后果呢？"我问他。

他答道："我想，对于我们这些研究这个问题的人来说，地球无疑是已经在向着一个热均衡的状态迈进了，也就是说，全球气温会变得比现在高5摄氏度。一旦到达那个临界点，我们就会遇到负反馈，整个系统都将稳定下来并且可以自我调节得很好。可是，在那样一个转折期里，海洋将不再对这一系统产生任何的影响，或者说是几乎不会产生任何影响。整个系统只会受到陆地生物圈的影响。这在过去也曾发生过。我们可以找到很多的地质证据。最佳的例证发生在5500万年前，那时候北极地区海洋温度是23摄氏度（73.4华氏度），在那里还有鳄鱼在游泳，甚至也许可以说整个地球都变成了热带。这样的事情可能再次发生，假如目前的变暖趋势持续的话，到那个时候，赤道地区将变得比现在更加炎热。甚至现在你已经能看到一些迹象了。"

我问他，在那个稳定的但更炎热的状态下，地球可以养活多少人。他说："我认为不会超过10亿人，因为到处都太热了，植物生长不起来。不管我们做什么，地球都还是会变得更热。哈德利中心的彼得·考克斯做过一些精细的分析，得出的结论是，只需要一点点的二氧化碳，就可以使得地球从冷的状态走向热的状态，并且那是非常小的数量就足以导致这样的变化，少到让人惊讶和担心。彼得想必不希

望别人引用这一数据。大气里只需每年多出2.5亿吨二氧化碳，就足以导致这一结果。但实际上我们现在每年排放到大气中的二氧化碳是80亿吨。因此我们必须减排，使之低于2.5亿吨，但当这个数值已经朝着热状态迈进的话，即使想要挽回也已经来不及了。”

*

那是一个多么令人悲观的前景。假如说我们的地球正在变成一个更为不适宜人类生存的地球，我们就真的要变成热锅上的蚂蚁了。我们可以到处跑，但我们的蚂蚁宝库里就是没有可以解决这一问题的法宝。

但我们起码知道几件事情。我们知道最糟糕的会是什么。我们知道我们必须拓展我们的能力范围，使得我们可以逃过这一浩劫，或者在这一浩劫中生存下来。应对气候危机，最常用的三大方法是：缓解、适应以及改良。缓解，也就是减少温室气体排放，这样的做法被认为是规避不能控制的事情的发生。适应，就是控制不能规避的事情——将沿海地区的居民迁移到高地，研发耐旱作物，准备应对气候难民，并且尽量将因为争夺资源而开展的战争控制在本地范围内。而改良则是通过开展大规模地球工程，去改变地球本身的规律。

文明面临着危险，但文明本身正是问题所在。目前在地球系统里最关键的正反馈正是来自人类本身。我们的财富在不断增长（特别是在发展中国家），人口也还在增长，另外增长中的工业还依然把超量的温室气体排放到大气中。正如澳大利亚生物学家蒂姆·弗兰纳里（Tim Flannery）所说：“我们经济上的新陈代谢与地球的新陈代谢相互冲突了。”

*

假如说洛夫洛克提出的是关于气候变化的最恐怖的情景——地球变得比现在热5摄氏度（9华氏度）并且保持这一温度，只有一小部分人可以存活下去——那最好的情形将是什么样？我们有什么可以期待并且做到的吗？我见过的最现实同时又看重数字分析的科学家是索尔·格里菲思（Saul Griffith），他是一名材料科学家和发明家，曾于2007年获得麦克阿瑟“天才奖”。格里菲思说：“那些声称我们可以阻止气候发生变化的说法是不准确的。我们现在能做的只能是去阻止更为严重的气候变化，或者是比我们能想象的更为严重的气候变化。”

现在，我们谈论得最多的关于气候变化可以实现的目标是减少二氧化碳排放量，使得大气中二氧化碳浓度达到450ppm[注]而不再上升。格里菲思就是围绕着这一点来构建他的模型。我们目前的排放值已经达到了387ppm，并且还在飞速上升，每一年都会上升2ppm或者更多。格里菲思提醒我们说，如果达到450ppm的话，地表温度只需上升2摄氏度（3.6华氏度），就会造成大量的物种灭绝，更严重的暴风雨、旱灾和洪水，更多地区被海水淹没，更多的难民，以及其他不可预测的、代价沉重的和不人道的后果。

要计算能源生成，比较方便的一个单位是吉瓦，也就是10亿瓦。一个大型的火力发电厂一年可以生产10亿瓦的电量。胡佛大坝也是每年发电10亿瓦。一个核电站也是每年发电10亿瓦。假如我们把这个数字乘以1000，就可以得到太瓦，也就是10000亿瓦。而人类现在使用着16太瓦的电力，其中绝大部分来自燃烧化石燃料。这一数值足以让1600亿个100瓦的灯泡一直发光下去。而正是这些化石燃料的燃烧，导致了我们大气中充满了足以致命的超额二氧化碳。格里菲思通过计算得出，假如要使得大气中的二氧化碳浓度低于450ppm，人类要做的事情将会是几乎让我们无法想象的困难。我们必须把我们每年使用的化石燃料发电总量降低到3太瓦，这也就意味着我们需要通过化石燃料以

外的其他途径来供给剩余的能源需求，并且，我们需要在25年之内做到这一点，再晚一些的话，恐怕连450ppm的底线都会无法实现。

因此，格里菲思分析说：“试想一下，你需要2太瓦的风力发电，2太瓦的太阳能发电，2太瓦的太阳能光热，2太瓦的地热，2太瓦的生物燃料以及3太瓦的核电，才能获得13太瓦的清洁能源。我们现在已经在使用的是1.5太瓦的生物发电和核电。同时还有来自煤炭和石油的3太瓦电力。这些加起来可以为人类提供17.5太瓦的电力，可以使得我们在现有的16太瓦电力的基础上有一定的增长。问题是我们需要怎样做才能在25年的时间里完成所有这些转变呢？”

答案是：“如果要实现2太瓦的太阳能发电量，那么从现在开始，需要每秒钟安装100个1米×1米、转换效率为15%的太阳能电池板，连续做25年。（也就是说，每年需要新增大约1200平方英里的太阳能电池板，25年下来就是3万平方英里的太阳能电池板。）那么，要实现2太瓦的太阳能光热需要我们做些什么呢？我们假设能量转换率为30%，每秒钟就需要新增50平方米的高反射率的镜子。（也就是每年600平方英里，再乘以25年。）那么，要实现2太瓦的生物燃料需要我们怎么做呢？那就需要每秒钟新增4个像奥运会游泳池一般大小的体积用来培育转基因藻类。（也就是每年新增6.1万平方英里，连续25年。）那么，要实现2太瓦的风电需要我们做些什么呢？那就需要每5分钟安装一台直径300英尺的风轮机。（每年需要在风力强劲的地方安装10.5万台，连续25年。）2太瓦的地热能？那就需要每天新增3台100兆瓦的蒸汽涡轮发动机——每年是1095台，再乘以25年。3太瓦的新型核电？那就需要每周新增一个核电厂，使之具备3个核反应堆，可以生产出3吉瓦电力——每年就需要新建52个这样的核电厂，再乘以25年。”

当这些新设施都兴建起来之后，所有这些加起来，其总面积几乎跟美国面积一样大。格里菲思说：“我们就称它为新能源斯坦吧。”这样一块土地将全部被那些为人类提供电力的东西所覆盖。而我们还

没有算上电力传输线路、能源储存所需空间、物料以及为之提供的支持性基础设施，以及关闭所有的火力发电厂和炼油厂的费用。我问格里菲思，我们是否真的可以做到这些。他说："从技术上来讲是可能的。从工业实际来讲，全人类汇集起来也确实有这样的能力。但是从政治上来讲，我看不出有具体实现的办法。但是，我们必须进行尝试。否则我们为什么还要做人？为什么还要活在这个世界上？"

*

我们慢慢意识到，相对稳定的气候，是保证人类文明得以繁盛发展——甚至可以说是赖以生存的先决"生态系统服务"。在地球气候历史上，唯一没有发生气候急剧变化的时期（除去漫长的冰河时期）就是我们刚刚经历过的一万年，人类正是在这一时期发明了农业、城市以及复杂的社会。当然，我们一直把稳定的气候当成一种必然，文明也未曾经历过其他的异常气候。

那我们该怎么去衡量生态系统服务呢？说到这个概念，我们通常会想到食品、饮用水、空气、能源、药品、有机物分解和各种趣味等，虽然这些都不能用经济学的价值来衡量，但人们还是积极地去探索。有一本经济学的教科书将这些服务的经济学价值估算为每年40万亿美元，这一数值接近目前全球各国国内生产总值的总和。人们的希望似乎是，一旦我们掌握了衡量生态系统服务的方法，我们也将学会如何去和这一系统相处。

曾几何时，我梦想着经济学终将发展到更高层次，把生态学也涵盖进去。到那时，我们将不再会被"外在因素"这样的概念所迷惑。但是现在，我不再这么肯定地认为了。记得我有一位朋友，他曾亲口对我说，生态学和经济学实际上是同一样东西。我回应说："怎么可能！生态学是没有倾向性的，经济学则是充满了各种小的反复。"（我猜想，我那位朋友也许有什么想法，因为经济学爱好者与生态学爱好者有一个共同的苦衷。保守主义经济学家认为，市场经济的自我

调节特征是一个奇迹，是绝对不能随便干涉的；环保人士则认为，生态系统的自我调节能力也是一个奇迹，也不能随便干涉。）

《自然资本论》（*Nature Capitalism*，1999）是关于绿色经济的最具影响力的一本书，作者保罗·霍肯（Paul Hawken）以及艾默里·洛文斯（Amory Lovins）提出，我们要用自然资本论来代替工业资本论。传统的资本论将自然资本加以清算，而后将其作为收入。而自然资本论则是基于更高的效率来处理所有事情，基于从生物界获得启发的工业流程，将重点放在服务上而不是放在产品上，并且致力于恢复自然生态系统本身。那是一本带有很好的隐喻的书。

*

但是我发现，假如将生态系统服务看作一种基础设施的话，会带来更好的效果。桥梁是基础设施，桥底下的河流也是基础设施。两者都可以支持我们的生命，并且二者都需要维护，而维护的费用需要我们以某种方式去承担。无线电波段是一种基础设施，同样，没有被破坏的臭氧层也是一种基础设施。它们都能给我们的生命提供支持，也同样需要国际协议来避免“公地悲剧”的发生。

而飞速发展的工业资本主义以及必需的需要耐心的自然资本主义之间，有相当大的一个节奏上的鸿沟。讲到基础设施，我们已经知道要考虑持久性以及责任问题，因此将这样的思维放到自然生态系统里也无须过多解释。假如我们的基础设施出现问题了，我们就会想到利用科学、工程学以及公众共识，还要像发行债券或公私合作等方式来解决它。而这些工具实际上对于自然基础设施也同样适用。

奇怪的是，虽然人类建造基础设施的历史已经有几千年了，但是这一领域在科研方面依然是处女地。我还没有见过一个经济学的理论是讲基础设施的。有个关于基础设施的歪曲的理论是这么说的：“基础设施是一种灰色的，藏在铁丝网后面的东西。”并且通常会有这样

的警告："不要看，不要碰，甚至也别想这个灰色的东西到底有何用处。"我们被教导，不要去管基础设施的闲事。

当然也有例外。人们还是喜欢铁路带给人的那种浪漫，人们也会对桥梁和轮船表示赞美。有些小镇还会装点他们的水塔。但是，所有的矿井、集装箱码头、发电厂、输电线路、手机信号塔、炼油厂、垃圾场、下水道——都贴有这样一个标志："请勿靠近。"所有这些地方都只有工人才会去，而他们往往是身份卑微的人。

将同样的说法应用到自然生态系统这个基础设施上——例如流域、湿地、渔场、土地以及气候——也同样适用。就如人们常说的，只有当基础设施没有正常运作的时候，我们才会注意到它的存在。环保人士在过去几十年里一直在提醒人们生态基础设施在遭到破坏，并且他们已经在着力去保护和恢复诸如流域、湿地、渔场、土地、气候以及其他生态基础设施。他们的这些作为是值得我们深深感激的。没有他们的警告和工作，我们今天将会陷入一个比现在要糟糕许多倍的局面。

*

我们是因为什么而开始对气候感到忧虑的呢？1948年，一位名叫费尔菲尔德·奥斯本（Fairfield Osborn）的环保教育人士写了一本书，名为《被掠夺的地球》（*Our Plundered Planet*，这是第一本对生态遭到破坏发出呐喊的著作）。费尔菲尔德与劳伦斯·洛克菲勒（Laurance Rockefeller）于纽约共同创立了"环保教育基金会"（Conservation Foundation）。1958年，查尔斯·基林（Charles Keeling）开始测量大气中的二氧化碳浓度。当他观察到大气中的二氧化碳浓度在持续上升的时候，奥斯本领导的环保教育基金会于1963年召开了第一届气候变化大会。大会发表了一篇论文：《大气中二氧化碳浓度上升的影响》（*Implications of Rising Carbon Dioxide Content of the Atmosphere*）。斯潘塞·维亚特（Spencer Weart）

在《发现气候变化》（*Discovery of Global Warming*，2004）中写道："这份报告指出，大气中二氧化碳浓度在下一个世纪将上升到原来的两倍，这将让大气温度上升4摄氏度（7.2华氏度），由此将引发海岸地区严重的洪涝灾害以及其他危害。"环保教育基金会敦促要延续对基林教授的二氧化碳测试项目的资助，并且向美国国家科学院施压，让他们关注这一议题。从那以后，人们对气候变化的关注就伴随着基林曲线的变化而不断提高。1971年，巴里·康芒纳（Barry Commoner）写的环保畅销书《封闭的循环》（*The Closing Circle*）第一次面向公众提出了关于温室气体增加的警告。1978年，一位来自田纳西州的年轻的国会议员艾伯特·戈尔举行了一次关于全球变暖的听证会，参加听证会的有他在哈佛的老师罗杰·雷维尔（Roger Revelle），并且，后者也对基林教授的研究给予了赞助。

自从1973年欧佩克对石油实行禁运，并且由此引起世人对能源的关注之后，提升能源效率以及开发可持续能源成了环保人士的中心学说。太阳能成为人们关注的热门。兆瓦级的风力发电机组也开始被研发出来。人们发明了绝缘窗户，并且对其进行了优化。而伴随着这一系列的提升能源利用率方面的创新而带来的一个副产品，就是人们往空气中排放的二氧化碳减少了数十亿吨。我正是当年努力推动这一进程的人士之一，你也不需要多谢我。

不幸的是，环保人士于20世纪70年代以及20世纪80年代努力阻止了美国以及欧洲的零碳排放的核电的发展。（法国是一个例外，他们在石油危机之后修建了一个80%依靠核能来发电的全国电网。）由于人们使用煤炭以及天然气，而不是核电，环保人士因此就任由数十亿吨的二氧化碳被排放到大气中。我当时也是其中一分子，我在此表示抱歉。

*

另外一本值得在这里提起的书是古气候学家威廉·拉迪曼（William Ruddiman）的《犁耙、瘟疫与石油》（*Plow, Plagues and Petroleum*，2005）。他考证了过去275万年的历史，发现其中有数十个冰河时期，它们持续的时间以及影响的范围都受到了太阳活动强度的驱动。来自格陵兰岛的冰核数据与冰河循环理论一直都是相吻合的。但是，在5000年前，正当地球处于间冰期的时候，大气中的甲烷含量本来应该是下降的，却突然发生逆转并且使得地球变热了，而且甲烷浓度依旧继续上升。这是为什么呢？

答案是人类出现了。拉迪曼总结说，因为中国以及东南亚地区突然出现了农业灌溉这一创新性发明，使得人工种植水稻成为可能。植物在新的人工造成的湿润泥土里会烂掉并且释放出甲烷。而随着水稻种植的扩展，释放出来的甲烷也随之增多。再加上会不断释放出甲烷的牲畜，以及人们不断通过烧毁森林来开荒，这些加起来就是本应该下降的甲烷含量突然逆转上升并使地球变热的原因。拉迪曼猜想，发生在8000年前的二氧化碳浓度的神秘上升是否也会有一个与此相关的解释，并且他真的找到了一个解释。人类数量随着农业的发展而开始增加，人类烧毁森林来开辟新的耕地和牧场。人类社会不断发展，并且人们会进行迁移，而森林面积则随之减少，致使大气层逐渐变成了一个温室。按照古老的天文周期来看，新的冰河时期应该在几千年前就发生了，于是拉迪曼总结道：“冰河期迟迟没有发生，而人类正是冰河期被推迟的原因。”

另外，还有一个深层的细节值得推敲。如何解释在公元200年到600年间、公元1300年到1400年间以及公元1500年到1750年间所发生的大气层中二氧化碳浓度突然降低这种现象呢？实际上，这些时期正好与人类因为遭遇大瘟疫而导致人口大量死亡的时间相吻合，那几个时期分别发生了罗马时代的瘟疫、欧洲的黑死病、北美原住民因为感染了欧洲殖民者带来的病毒而大量死亡的事件。而每当发生这样的事件

时，森林都会因为农地荒废而重新迅速地生长起来，并且降低大气当中的二氧化碳浓度。

假如拉迪曼的说法正确的话，那么很长一段时间以来，气候就已经是人造的产物了。借用比尔·麦吉本非常著名的《自然的终结》（*The End of Nature*）中的一句话——并不是因为200年前的工业革命而开始，而是在一万年前就伴随着农业革命开始了。现在，农场以及牧场已经占据地球上除冰川以外的陆地面积的1/3以上。拉迪曼指出："农业并不是一个自然的过程，实际上，人们通过农业已经对地球的表面进行了有史以来最大的改变。"他更进一步指出："我们可以找到证据表明，铁器时代甚至是石器时代后期的人类，他们人均对地球表面造成的影响更甚于现代人的平均水平。"

*

别提什么火星改造计划了。我们已经是生活在一个被人类改造过的地球上了，过去一万年里，我们人类一直都在做这件事情，并且做得非常好，甚至我们还幸运地躲过了一个冰河时期。不幸的是，我们现在已经向大气中排放了过多的二氧化碳，以至于我们会因此走向炼狱。幸运的是，我们排放到大气当中的其他污染气体，特别是悬浮颗粒，可以遮住太阳光，形成"地球变暗"的效应。可是，我们将人类命运寄托于这一系列的霉运上还要持续多久？

人类对地球的改造截至目前都还是非主动的。现在，我们已经知道到底在发生什么事情了，这本身既是诅咒又是幸运。但我们已经不能把非主动的行为继续当作一个可选项了。"自然"是不可依靠的，因为它在很久以前就已经被迫妥协了，盖娅也不是什么救世主，因为盖娅喜欢冰河时期，但她对炎热不感兴趣。我们就只剩下一个选择了，那就是从人类自身的愿望出发，通过下意识的设计，以及工程学的参与。要么是人类改造气候，要么就是气候改造人类。

我们会需要很多工具来完成这个任务，这本书将讲述其中的四个工具，它们都曾是不被环保人士信任的工具，但现在人们需要接受这些工具；另外还有一个我们已经在使用，但还需要扩大其使用规模的工具。不被信任的四个工具是：城市化、核电、生物技术以及地球工程，而我们已经在使用的工具就是天然系统恢复，也许我们该称之为超大规模园艺作业——其目标是恢复盖娅的健康，从本地的土壤到全球的大气。

还有一个气候系统里需要引起我们关注的正反馈是那些自催化自加速的技术，我们可以部署这些技术来应对工业化所产生的不断增多的问题，以及应对气候变化所产生的正反馈。对于未来加速发展的技术，我们要做的是逆转过去由于技术加速发展而带来的后果。（假如我们阻止今天的科技发展的话，将会导致地球逐渐变成一个如洛夫洛克所说的那样不可居住的星球。）目标是使得气候与人类二者交互的系统可以逐渐走向一个健康的、稳定的负反馈状态。

不是所有的技术都会带来自动化方面的改变。不是所有的新发现都会使得技术发展更快。汽车科技和风力发电技术可以为我们生产出更好的汽车以及风力发电机，但这并不会给我们带来更好的工程工具。现在可以不断地实现指数增长的技术包括信息技术（包括计算机、通信和人工智能技术）、生物科技，以及纳米科技（它与生物科技的边界正越来越靠近）。更重要的是，这些技术会彼此激发，有时会产生超指数性的增长。

40年前，我创办了《全球概览》，创刊词上写着：“我们就是上帝，我们也许能做好这个角色。”那真是个纯真年代。现在是一个新的环境，我们需要的新口号是：“我们就是上帝，我们必须做好这个角色。”《全球概览》鼓励个人发挥其力量，而《地球的法则》关注更多的则是我们如何发挥集体的力量。

气候变暖的挑战如此巨大，我们单纯依靠非政府组织或企业，不管做得多么环保，都不能解决问题。新的环境要求政府设立相应的规则并且强制执行。特别是四大能源消耗巨头——欧盟、美国、中国和印度——都必须在这个问题上做得更加坚决。假如这四大巨头做出正确的举止，那我们还有点儿希望。目前走在前头的是欧盟。

人类文明导致了气候变暖，而现在人类又不愿意主动地去改变气候。当我们的改造完成之后（假设是成功的话），地球气候将会保持不变，但人类文明的面目将发生改变。我们为了稳定气候而做出的努力将在很大程度上改变人类本身，其影响将大于任何其他事情的影响。假如我们最终没有办法将气候稳定下来，人类文明将会走向消亡，或者是变成现在我们无法辨认的模样。

*

这本书是谁写的?

2008—2009年间我写这本书的时候，我步入了古稀之年。在过去70年里，我看着自己以及其他人的错误而不断学习。正如一个笑话所说：正确的判断从何而来？从经验中来！经验是怎么得来的？从糟糕的判断中来！因为我接受的是生态学的专业训练，而职业上我是一名未来学者，内心则是一名黑客（以及一名懒惰的工程师），因此我的判断带有科学的力量，同时又有地缘经济学的视角，还有工程师的那种偏见，也就是把所有事物都看作可以得到解决的设计问题。

因为职业上的需要，我都是非常坚定地把观点说出来，但并不会固守这些观点不放。坚定地把观点说出来，我的客户才能知道有什么可以想象，而不是单纯地固执己见，那样我在接收到新的信息的时候，才能适当地改变我的想法。我的观点其实并不重要，它们只是一个工具。我的客户的不断变化的观点才是重要的。你的那些不断变化

的观点才是重要的。假如你读这本书仅仅是为了增强你已有的观点，那你就找错咨询师了。

我一生都是环保斗士。10岁的时候，我就立志：“作为一名美国公民，我发誓要保护美国的自然资源，包括空气、土地、矿产、森林、水资源和野生动物，使之免遭侵害。”那时候，我是看了一本名为《户外生活》（*Outdoor Life*）的杂志而获得的这一启发。但誓言这东西早就失去其意义了，特别是从1948年以来，美国的孩子要背诵的是这样的话：“我宣誓要保护地球的天然资源，包括空气、土地、矿产、森林、水资源和野生动物，使之免遭侵害。”

1960年，我从斯坦福大学毕业，获得了生物学学士学位，当时我研究的重点是进化，特别是在那个时候不被关注的生态学。当时，我有一位老师，也就是后来很出名的保罗•埃利希（Paul Ehrlich），他鼓励我把当时我做的唯一一个实地研究项目的成果发表出来。当时我研究的是活动在斯坦福大学后院的两个狼蛛的物种，它们好像总是混在一起，而这正好违背了生态学里的高斯原则。高斯原则说，不可能有两个物种可以长期同时占据同一生态位。不过当时我没有发表这篇论文，而是去军队服役了。

那之后我所经历的一些环保的冒险将会出现在这本书里。我之前所写的书都是以旁观者的身份，像记者那样去描述一个事物（我写了关于新媒体以及如何学习建筑的书）。这本书也是像记者那样去记录，但我会以局内人的身份来记述这些事情。对于书中写到的一些事情，我是曾参与其中的。另外，这本书里提到的有些人是我的好朋友。但凡是我觉得自己的亲身经历有助于读者理解的，我都会加进去。

有两件事这本书不会做。整个环保运动的目标是管理好我们的公共领域，使得所有人都能受惠，并且我们的子孙也能继续享受这样的福利。假如可以把所有那些致力于保护空气、森林、土地、海洋和动

物的这些环保组织和人士所做的事情罗列出来并且对他们给予表扬，将会是一件好事。不过我不会通过这本书来做这件事。另外一个很重要的事情是，罗列出那些不计其数的因为追求短期利益而没有很好地管理公共领域，甚至与此同时还诋毁和攻击环保人士的政府、公司和私人物业主。假如真的做出这么一个列表，会很有趣也很有益处，但是我还有更重要的事情要做。

《地球的法则》其实是延续了我们1968年创办《全球概览》时的事业。从1968年创办该杂志到1984年，我一直都是这份杂志的编辑以及出版人，其间还新发行了《共同进化季刊》。《全球概览》其实汇编了相当多的环保工具以及技巧（当然还包括其他东西），并且我们还特意尝试去展现出从生物学的角度理解世界的可能。彼得·沃肖尔（Peter Warshall）写了很多关于流域、土壤以及生态学的文章。理查德·尼尔森（Richard Nilsen）和罗斯玛丽·门宁格（Rosemary Menninger）则写了不少有机耕作以及社区种植方面的文章。J·鲍德温（J.Baldwin）则专门关注“适用性技术”，例如太阳能、风能、绝热装置、自行车等。劳埃德·卡恩（Lloyd Kahn）则关注如何用手工的方式来盖房子。我们还提倡生物地域主义（bioregionalism）。后来，有人写了一本书，名为《反文化绿色运动：〈全球概览〉与美国环保主义运动》（*Counterculture Green: The Whole Earth Catalog and American Environmentalism*，2007），作者是安德鲁·柯克（Andrew Kirk）。

现在，我基本上不是在为全球商业网络提供咨询，就是在为一个奇怪的基金会做事。20世纪90年代，发明家丹尼·希利斯（Danny Hillis）想出了一个主意，就是希望做一个巨大的可以使用一万年之久的钟，来帮助人们更多地为我们的子孙后代着想。后来我就跟他一起于1996年创立了“今日永存基金会”。这个基金会的使命就是要培育长线思考的能力和习惯。而“今日”的定义是，包含过去一万年以

及将来一万年在内的这个时间段。这正是今日人类之行为会影响到的时间范围。

*

洛夫洛克说："整个地球真的是在变动中。"人类文明也是如此。我们人类一万年前开始就一直在向城市迁移，现在我们正在逐步完成这个过程。要做到生态现实主义，我们首先就要理解人类从农村迁往城市这个过程包含了什么，以及它对人类意味着什么。这个话题包含了相当多的故事，于是我决定花两个章节来写。

一个城市化的星球需要有电网的支持。就目前看来，最为低碳的能源来自核能。我将花一章篇幅来说明为何只有使用核能我们才能实现我们的绿色目标，后面还会有两章讲转基因技术，也会进行类似的探讨，因为我相信生物科技可以成为人类降低农业对自然生态影响的主要工具。另一方面，我们新发现的基因以及微生物正在改变着生态学本身。

很长时间以来，科学为环保运动提供了指引。现在，科学必须起到领导作用，因为我们不得不进入一个超大规模生态系统工程的时代。我们必须清楚我们在干什么。这样的一种呼吁会占据本书一章的篇幅。河狸是一种仁慈的生态系统工程师，同样，蚯蚓也是，美洲的印第安人也是——他们改变了这块大陆；还有我们当中所有正在为恢复自然生态系统而努力的人，他们也是生态系统的工程师。我们会有一章讲到这个话题，由此就直接得出本书的结论：我们必须学会星球绝技，要学会像蚯蚓那样为生命带来价值的提升，而所有这一切，都会在一个大院子里发生。

有关本章节的更新、附带资料以及插图，请见链接http://discipline.longnow.org/。

1. ppm是溶质浓度单位，是parts per million的缩写，表示百万分之（几）。——编者注





第二章

城市星球

在夜幕下，范姆斯心中产生了一些对安科-莫波克（AnkhMorpork）的想法。这不是一座城市，它是一个过程，它是改变方圆几百英里范围内土地格局的一块重量。无数从未见过城市的人也会终身为城市工作。数千英亩的绿地都是属于这座城市的，森林也是属于它的。城市吸纳了一切并且将其消化……

而后，从养家禽的笼子里排出粪便，从烟囱排出煤烟，还有钢铁、平底锅，以及各种拿来做食物的器具。还有衣服、时尚、思想、有意思的恶习、歌曲、知识，以及一种被称为文明的东西——假如从正确的角度来看的话，这正是文明之所指。

它指的就是城市。

——特里·普拉切特（Terry Pratchett），《夜巡》

城市是财富的制造者，从来都是如此。城市也是人口聚居地，也从来都是如此。正如农业使得地球可以承载的人口数量大大增加一样，城市也发挥着类似的功能。勒布朗认为，随着城市化的发展，由于“持久的战争”而导致的人口死亡比例在下降，因为“当城市人发明了工具并且改良了技术，使得农耕变得更加高效高产之后，更多人可以选择放弃农耕生活而居住在城市里，于是城市规模随之扩大。从某种程度上讲，这就解决了农村经常发生的资源人口压力问题”。

人类在过去一万年时间里一直在向城市流动，并且这种流动业已成为一股洪流。1800年，全世界只有3%的人口居住在城市；1900年，全球城市人口占14%；2007年，全球有50%的人口居住在城市。也就是说，我们跨越了一个边界线，全球居民从以前大部分居住在农村变为今天大部分居住在城市，并且这一转变是飞速发生的。地球现在就是

一个城市星球了，并且这一转变会让地球变得更绿。我接下来就会讲到原因。20世纪的环保行动要得以开展，其前提是我们要真正理解城市里正在发生什么，以及我们可以在这一变化之下做些什么。

按照目前城市人口的增长速度，到21世纪中叶，将会有80%的人居住在城市里。全球范围内，平均每周就有130万人搬迁到城市里。每年累计就有7000万人，并且在不断地增长。这是人类历史上最大规模的人口迁徙。

但到底为什么会这样？

“在农村，妇女只能依从于她的丈夫和亲戚，做点儿农活，或者是唱唱歌。假如她搬到城里去，她可以找到一份工作，或者开一个店，还可以送孩子去上学。”这是全球妇女基金主席卡维塔·拉姆达斯（Kavita Ramdas）在2001年一次会议上的发言。听到这个演讲后，我之前关于农村的那种甘地式的浪漫主义想象被彻底打碎了。自从听完她那次演讲后，我每次遇到有人从农村回来，就会问他们在农村看到了什么变化。所有人的回答都提到了一点：不管什么地方，村子里的人都在往城市里跑。

人口学家会谈到“推”和“拉”这两种导致人们搬迁到城市的动力。所谓“推”，可以这么理解：农村的生活非常无聊，又辛苦，又贫穷，很多东西都没有，大家都直面彼此，非常危险，并且没有变化。土匪会骚扰你，天灾人祸会埋葬你，疾病会纠缠你，最要命的是，你附近没有可以获得解救的地方。你也许非常卖力地干活，但一旦天气变化，你往往颗粒无收。好吧，哪天你去到城市里，你就明白“拉”的意思了。城里的生活让人激动，工作也不会那么累，并且得到的报酬更高，你爱搬到哪里就搬到哪里，爱换什么工作就换什么工作。你有隐私的空间，不至于陷于无助之境。另外，你还有向上流动的空间。假如你是从农村来的，你会为了获得城市的这些好处，即使居住在贫民窟也留在城市吗？不用问，答案都是肯定的。文艺复兴时

期的德意志谚语说："城市的空气让人变得自由。"也许现在城市的魅力比那时候更大，历史将记录下这一点。

从农村到城市的迁移就是一种解放。《纽约时报》2005年的一篇文章说道：

> 甘地意识到，农村化能使得印度人回到殖民时代之前的状态。但曾协助草拟印度宪法的贱民B·R·阿姆倍伽尔（B.R.Ambedkar）则持不同的看法，他认为"农村是一个粪坑，农村是愚昧之乡、短视之乡，以及地方小团体"，并且呼吁贱民往城市里逃跑，以求在城市里获得匿名。

同样是这篇文章，还提到了从农村搬迁到城市里最重要的一个理由——印度有60万个村庄，村里的人要搬走，就得去像苏拉特（Surat）这样的有350万居民的城市：

> 拉杰什·库马尔·拉格哈为亚·圣托奇（Rajesh Kumar Raghavji Santoki）今年28岁，他在家种地已经一年，但由于水源匮乏不得不放弃。搬到苏拉特一年后，他每个月赚得的工资比他在农村种地的父亲一年赚得的500美元还要多。现在，他有了一套房子、一辆摩托车以及一辆小货车。

想象一下，假如拉杰什的行为被9亿的印度农民——他们占印度13亿人口的七成——所效仿，或者被全球28亿依然居住在农村的农民所效仿，会发生什么。当城市的各种机会变得越来越有吸引力的时候，同一时期很多农村的环境则变得越来越艰难。土地因为过度开垦而丧失养分，随着后代的增加，人均分得的土地面积在减少，另外则是经常发生的村民之间的冲突。我有很多生活在发达国家的朋友认为农耕生活更有利于身心、更有机，但实际上它是一个贫穷的陷阱，还会导

致环境的灾难。当那些农田被遗弃之后，周围的树木以及灌木也没有人去收拾拿来当柴火，于是当地生态反而得以恢复，野生动物也不再被猎杀。

*

在发达国家，例如北美和欧洲，来自农村的“推”以及来自城市的“拉”二者效果不一样，但它们都非常有效果。卢·里德（Lou Reed）就曾这么唱过：“生活在小乡镇/就是沦陷在小乡镇/那里只有一个好处/你恨它，恨不得赶紧离开它。”在美国北部高原的大平原上，有像法戈、俾斯麦以及大福克斯那样一些非常活跃的城市，但草原上其他地方则在纷纷被遗弃。只剩下空城以及正在衰败的村舍。《国家地理》（*National Geographic*）杂志说：“看到的是万物在凋零，教堂被遗弃，学校倒闭，乡镇成为废墟。”一些大型动物，例如驼鹿和山地狮子，则重新出现在草原上。整个草原地带从蒙大拿东部到得克萨斯州北部，正在演变成环保主义者非常渴望看到的“水牛公地”。

在发达国家，例如美国，人口迁徙的趋向是从无聊、孤独的地方跑到热闹、繁忙、令人愉悦的地方——也就是海岸、阳光以及高度城市化的被称为大都会的地方，例如像位于东海岸的从波士顿到弗吉尼亚州的里士满那样的漫长地带，或者是像我所居住的位于西海岸的从圣弗朗西斯科到内华达州的里诺——从滨海到雪地——这样的宽广地带。环视全球所有发达国家，那些曾经一度非常繁华的渔村现在也变得荒芜了。但捕鱼业则发展得更为迅猛，不过，今天的捕鱼业是搬迁到以城市为基地的渔业大船上进行了。当年苏联解体之后，年轻人纷纷从曾经获得政府补助的俄罗斯中部以及东欧的很多小村庄里离开；没有年轻人，那些村庄也失去了未来。

但更主要的流动不是发生在欧洲或北美。美国有49座人口超过100万的城市，中国有160座。自1950年以来，中国有3亿人搬迁到了城市

里；未来几十年，预计还将会有另外3亿人搬迁到城市里。也就是说，中国有将近一半的人口在流动。这一现象在发展中国家非常普遍。

有历史学家说：“人类文明就是发生在城市里的。”（英文里“文明”与“城市”两个词有共同的拉丁语词根civilis，它们与公民、民事、市民等密切相关。）虽然我住在加州，但我经常阅读《纽约客》和《纽约时报》，就像法国人会经常阅读《巴黎竞赛报》以及英国人会阅读伦敦的报纸一样。任何一个国家，你都可以从它最大的城市看出其特征，通过检视其最大城市的发展，去了解这个国家的历史发展。我所认识的大多数人对于世界的想象无非就是伦敦、纽约、巴黎和柏林——这些都是最大的西方城市。诚然，100年前，这些都是世界上最大的城市。1900年，伦敦就已经有650万人口，纽约有420万，紧随其后的是巴黎、柏林、芝加哥、维也纳、东京、圣彼得堡、曼彻斯特以及费城。当时的东京人口如此之多是唯一让我们觉得意外的例子。

50年后，到了1950年，世界人口最多的十大城市的人口翻了一番。同时，上海、布宜诺斯艾利斯和加尔各答则挤进了十强。又过了50年，到2003年的时候，当初人口最多的十大城市人口则增加到原来的3倍。但相比之下，这些都是最小的变化。现在人口最多的城市依次是：东京，3500万；墨西哥城，1900万；纽约，1800万；圣保罗，1800万；孟买，1700万；德里，1400万；加尔各答，1300万；布宜诺斯艾利斯，1300万；上海，1300万；雅加达，1200万。所有这些大的数字背后都意味着大的事件。根据联合国的预计，到2015年，全球人口最多的城市排名将会增加孟加拉的达卡、尼日利亚的拉各斯，同时，卡拉奇、开罗、马尼拉、伊斯坦布尔、利马、德黑兰以及北京的人口数量也正在迅速赶上来。

整个趋势是非常明显的。“西方的崛起”已经告一段落了。现在的世界与1000年前的世界看上去很像，那时候世界最大的10座城市分

别是：科尔多瓦（今属西班牙）、开封（中国）、君士坦丁堡（今属土耳其）、吴哥（今属柬埔寨）、东京（日本）、开罗（埃及）、巴格达（今属伊拉克）、尼沙布尔（今属伊朗）、哈萨（今属沙特阿拉伯），以及帕坦（印度）。正如瑞典统计学家汉斯·罗斯林（Hans Rosling）所讲："世界将再次变得正常起来，它将会是一个亚洲的世界——世界从来都是这样，只是过去的1000年发生了变化。那里的人们正在非常卖力地工作，使这个图景成为现实，而我们则只是在非常卖力地消费。"

*

假如我们只是看到世界人口超过1000万的24座大城市，那也许会有些局限。真正巨大的改变是发生在那些被联合国称为小城市（人口少于50万，世界上一半的城市居民居住在这样的城市）以及中等城市（人口在100万到500万，世界上有22%的城市居民住在这样的城市）的地方。联合国的一份报告指出："这些地方往往是家庭以及个人的社会关系发生转变的地方，这些城市可以为进城的居民创造一些经济链条，让他们更好地融入城市生活。这些城市可以为农村进城者提供脱贫的'第一步'，同时也可以成为去往大城市的大门。"

马克思主义学者迈克·戴维斯（Mike Davis）在他2006年出版的《布满贫民窟的星球》（*Planet of Slums*）一书里讲到了这个问题：

> 在非洲……城市发展之前一直只是偶尔像超新星爆发那样，产生了像拉各斯（其人口从1950年的30万增长到现在的1000万）那样的超大城市。现在，有一些小城市和绿洲，像瓦加杜古、努瓦克肖特、杜阿拉、塔那那利佛以及巴马科这些城市业已超过了圣弗朗西斯科或曼彻斯特的规模。在拉丁美洲，之前一直是主要的大城市主导了人口的增长，但现在一些二级城市，如蒂华纳、库里提巴、特木科、萨尔瓦多以及贝伦都在蓬勃地发展。

换言之，未来将有更多的消息来自一些西方国家从没有听说过的城市。发展中国家目前所出现的城市化进度和规模是历史上不管在欧洲还是在北美都没有出现过的——这一次的城市化比西方国家所经历过的城市化快3倍，规模则是西方的9倍。在我们关注的视野以外，整个世界都正在被改变。

*

城市是所有人类组织里最长寿的。现今最长寿的公司分别是瑞典的斯道拉恩索（Stora Enso）以及日本的住友（Sumitomo）集团，它们分别拥有700年和400年的历史。最古老的大学，分别位于博洛尼亚以及巴黎，则只有1000年历史。存活至今最古老的宗教是印度教和犹太教，它们也才有3500年历史。但杰里科城则有1.05万年的历史，位于其隔壁的耶路撒冷也有5000年历史，并且一直在扮演着重要的角色。虽然历史上它曾36次被占领或摧毁，也曾经历了前后11次从一种宗教信仰变为另一种宗教信仰。很多城市因为不再重要而死亡或走向没落，但也有些城市是几千年里都繁华不断。

我认为，城市之所以得以保持活力存活在世上，是因为城市是变化得最快的组织。在欧洲，城市每年因为拆迁或新建房子而消耗的物料就占据了城市建筑物料（建房子、道路以及其他工程）总消耗的2%～3%。事实上，可以说每50年，城市的面貌都会变得焕然一新。在美国以及发展中国家，这一速度则更快。尽管城市在物理上会经历那么多的变化，但是，城市的某些深层次的东西恒久不变。正是由于地理、经济、文化上的一些因素的组合，使得一座城市，哪怕是被战争（例如华沙、东京）或大火（例如伦敦、圣弗朗西斯科）所摧毁，城市还是会被重建起来，并且保持其原有的身份认同。

*

城市是非常昂贵的，无论从环境上还是从经济学上来讲都是如此。但这样的昂贵是值得的。“城市可以让一个国家变得富有起来。那些城市化很高的国家往往能提供更高的工资、更稳定的经济和更强大的机构。高度城市化的国家更能抵抗全球经济的震荡。”联合国人居署（UN HABITAT）的报告如此写道。他们是从全球自1978年以来不断增长的城市人口得出了这样的结论。

与快速城市化的观点——不管好坏——背道而驰的是，2003年由联合国人居署发布的《贫民窟的挑战》（*The Challenge of Slums*）里就第一次提出了相反的观点。这本书所洋溢出来的半保守的乐观主义则来源于作者的实地调查，他们在全球各地的贫民窟里一共做了37个调查。他们不是仅仅收集数据或套用现有的某个边缘的理论来解释，研究者真的是踏进了贫民窟的住宿区里，跟这些居民聊天。回来后，他们得到了意外的收获：“城市在创造新的财富模式方面是更为成功的，在城区里提供服务更为便宜，甚至还有专家这样建议：要解决贫困问题，唯一可行的方法就是把人搬迁到城市里去。”

2007年，联合国人口基金会发表的报告带有一个醒目的标题——“释放城市增长的潜力”（*Unleashing the Potential of Urban Growth*）。报告的第一作者，加拿大人口学家乔治·马丁内（Goerge Martine）写道：“城市里聚集了贫困，但城市也代表着摆脱贫困的最大希望。”他在一次演讲里说：“一个国家80%～90%的国民生产总值的增长都是在城市里发生的……全球半数人口居住在城市，但城市仅仅覆盖了地球2.8%的陆地面积。在城市里，因为集中化以及高密度，使得提供社会服务变得简单。不管是教育、医疗、卫生、饮水还是用电，所有东西的成本平均到每个人头上就变得可支付，并且更容易实现。”

城市从来都是因为“经济扩张”而受益的——高密度使得经济活动的速度得以加快，而近些年兴起的全球化则进一步加速了这一步

伐。电信沟通以及市场比以往更容易地跨越国家的边界。在某些发展中国家，他们的政府也许不再被信任，但人们可以想出办法来解决。救援组织就直接到城市里，因为那里才是最需要救助的地方。而跨国公司则直接到有工人以及新兴市场在崛起的地方，那就是城市。

全球最大的40个城市群落里居住着全球18%的人口。都市理论家理查德·佛罗里达（Richard Florida）这样写道："这些地区包揽了全球2/3的经济产出，以及90%的专利创新。"国家是依据边界划分的，而城市则是一些相互紧密连接的点，使得每一个城市从某种程度上都成了世界城市。此外，文化的多元性、彼此间的经济往来以及人口流动，使得城市之间紧密相连。全球范围内，人们都在为找到工作而迁徙，甚至于穷人也不再是把他们的选择仅仅放在自己的国家内。同时，也将出现一个规模相当庞大的全球都市居民，他们说自己生活在不同的城市（实际上就是生活在机场）。这些逍遥主义者包括成千上万的专业人员以及很多富豪——估计全球范围内百万富翁人数总计超过1000万。城市的增长加剧了全球化，而全球化则为城市提供更好的养分。1980年到2004年间，全球贸易总额从5800亿美元上升到6万亿美元。（这一增长速度在2008年全球金融风暴期间遇到了障碍。）迅速增长的财富也使得一些地方出现了城市国家的复兴。新加坡以及迪拜的独立，就可以与古代的雅典与15世纪的威尼斯相提并论。

*

有一个新理论正在颠覆我们关于什么是城市以及城市可以变成什么的想法。我们知道有一种现象叫克莱伯定律（Kleiber’s Law），它认为有机体将随着其规模的增大而导致其新陈代谢效率增高，从鼩鼱到大象都是如此，城市也是如此。物理学家杰弗里·韦斯特（Geoffrey West）说："城市的最基本法则之一就是，当我们把人聚集到一起之后，城市本身会变得更高效。因为每个人所需的东西会变少，这在生物学上也是同样的道理。随着动物体形变大，它们保证每

一个组织运作所需的能量也会减少。”不同的是，有机体随着体形的增大，其移动的速度也会减慢（不妨想象一下鼩鼱疯狂跳动的心脏与大象那慢节奏跳动的心脏），而城市的行动速度则会因为规模增大而加速。

这是来自一篇标志性的研究论文的信息，这篇论文名为“增长、创新、扩大以及城市的生活节奏”（*Growth, Innovation, Scaling, and the Pace of Life in Cities*），它刊登于2007年出版的《美国国家科学院院刊》上，而杰弗里·韦斯特就是其中一位作者。研究者考察了不同城市各种各样的东西，包括专利、个人收入、电缆长度等，他们发现随着城市规模的增大，城市的创造力也会随之增大，但这两者之间的联系是“超线性的”：当城市规模翻番的时候，其创新能力不仅仅是翻番。《圣菲研究所公报》有一篇文章对这一研究进行了总结，文章写道：

> 人们变得更忙碌了，个人的效率也提高了（当城市规模翻番时，个人效率提升了15%）。人们步行的平均速度也在加快。商业、公共空间、夜店和广场都要消耗更多的电。城市吸引了更多的投资者、艺术家、研究者以及金融人才。财富在增长，同时，住房的成本也在增长。

城市的增长会带来问题，但城市会通过加速的创新去解决这些问题。前面那篇论文的作者说：“随着城市规模的增长，不仅生活的节奏在加快，而且必须要有新的适应和创新，才能维持城市的发展。”

该论文在结束时写道：“我们的调查显示，由创新所驱动的增长意味着城市不再有规模的限制，这就是有别于以往的都市经济学的在量上的差别。”换而言之，韦斯特这样和我说：“城市可以不断地增长下去，看看蒸汽机、汽车的发明以及数字革命吧。这些发明的共同点是它们使得城市可以继续增长下去。”假如我们说城市是效率以及

创新的中心，《环护》杂志认为：“要建设环境可持续发展的社会，我们就需要建设更大的城市。也就是说我们需要更多的大都会。”（我是《环护》杂志的特邀编辑。）

彼得·阿克罗伊德（Peter Ackroyd）所写的《伦敦志》（*Longdon: The Biography*，2000）一书中引用了威廉·布莱克（William Blake）的一句话：“没有边界就没有进步。”并且，彼得分析说，布莱克得出这一结论是在他沉浸于伦敦的时候。“不管你走到这座城市的哪个角落，你都会看到不一样的东西，甚至可以说，城市就是由差异所组成的，城市就是其差异的总和。”驱动着城市的创新引擎——同时也包括城市的财富引擎——是城市的多元差异。城市的多元程度越高越丰富，特别是当它们碰撞在一起的频率越大时，事情就会变得更好。那些最有效的城市往往就是有多种文化、多种语言、多个聚居点，并且拥有多种都市体验，任何市民皆可参与的城市。从这一视角来看，正是因为大量的财富以及大量的贫穷同时存在于城市当中，二者的交融使得解决贫困的方法得以浮现。

*

关于城市起源的理论普遍认为，城市起源于农业：有了剩余的食物，才使得一部分人可以从事专业化的生产。假如没有农场产出食物，就不可能有补鞋匠、铁匠以及公务员这样的群体出现。简·雅各布斯（Jane Jacobs）在她所写的《城市经济》（*The Economy of Cities*，1969）一书中则反对这一观点，她认为：“农村经济，包括农业经济，是直接建立在城市经济以及城市生产基础上的。”一开始是如此，到今天依然是如此。例如大多数的农业创新，都是来源于城市。当罗马帝国垮台的时候，整个欧洲的农业也垮台了。12世纪时，人们发明了作物轮作的方法，一开始是在欧洲的城市里发明出来的，经过两个世纪之后才传播到边远的农村。到了18世纪，利用苜蓿这类的饲料作物来对土壤进行固氮的方法也是首先在城市的菜园里发明出

来的，并且这一方法带来了革命性的改变。20世纪20年代的时候，因为杂交玉米的发明，美国的农业出现了繁荣的发展，而这一发明也不是在农田里发生的，而是在位于康涅狄格州纽黑文市的一个实验室里发生的。

那么假如不是农业催生了城市，又是什么催生了城市？简·雅各布斯认为应该是贸易。而我基于“持久的战争”这样一种历史观进行推测，是防御催生了城市。我敢打赌，城市的第一个发明，会是用于防御用的城墙，之后就是一些长方形的建筑，使得最大数量的人群可以在最小范围的城墙内居住。（要知道，田园以及狩猎采集者——包括蒙古包、印第安人的帐篷、纳瓦霍人的泥盖木屋、印第安原住民的锥形窝棚、非洲的茅草屋——他们的房子是圆形的。）就如古代的美索不达米亚城镇居民一样，美国西南部的普韦布洛农耕部落就居住在数层楼高的城堡里，并且在城堡的外墙上没有任何朝向外面的开口。要进入的话就只能借助可伸缩的梯子。当白人到来以后，他们不再面对游牧的阿帕奇部落或者是纳瓦霍部落的袭击，于是普韦布洛部落的人都分散到各地去居住了（在一些像陶斯或阿科马那样的专门用于旅游的居住点，还有部分高密度的聚居区）。都市研究学者刘易斯·芒福德（Lewis Mumford）认为：“城镇最早的意思，就是指一个封闭的或者是设防的地方。”

由此看来，农业似乎是那些早期居住在封闭的围墙里的居民的一个发明，他们借此才使得自己继续发展壮大，由杰弗里·韦斯特的理论可以推断出这样的结论。今天的超级大都会也需要同样的创新。2006年联合国人居署发表的一份报告里写道：

> 城市是农村发展的引擎……当连接城市与农村之间的基础设施得到改善之后，会使得农村的生产效率得以提升，并且可以让农村居民更容易接受到教育、医疗保健、市场、信用、信息以及其他服务。另一方面，当城市与农村之间的联系得到加强之后，

也可以使城市受惠，因为农村会对城市里的商品和服务有更多的需求，另外对农产品进行加工也能产生附加值。

没有其他东西比一条通向城镇的好公路或者是一个好的手机信号站更能拯救农村的了。

当越来越多的人从农村迁往城市之后，留在村里的农民可以从少量土地上的自给型农业转向在优质土地上种植更为集中式的经济作物。这对于城市更有益处，对于当地的居民也更有益处，对于当地的天然环境也更有益处。土壤含水层会恢复过来，森林也会恢复过来。人们在巴拿马做了一个研究，去了解当农民从刀耕火种的农业走向城镇之后，当地会发生什么变化："随着人们迁走，次生林长起来了。最重要的是，一旦猎人远离这片土地，所有在原始森林里可以找得到的鸟类和哺乳动物都出现在次生林里了。"每一年新生的热带雨林数量比同期砍掉的要多55%，这是联合国于2005年发布的一个关于全球森林的数据：每年有3800万亩的原始森林被砍伐，但是同期有21亿亩的次生林在曾经是耕地的地方又长了起来。

城市可以带来的另外一个创新体现在对自然生态系统的保护、培育以及恢复方面。当人们居住的环境变得更加城市化之后，人们会更加关注环保。而随着城市变得更加国际化，城市里的人也会从国外吸取环保方面的想法、实践甚至是需求。假如我们鼓励这些行为的话，那所有这些，都可以帮助保护人口日益往城市流动的农村，使农村的生物多样性得以恢复。

*

从农村走出来的农民迁到城市之后，他们把在农村里学到的技能和价值观带到城市里的贫民窟。他们一直都在建房子，而且他们用非常低廉的成本就可以造出一所房子。另外，与家族成员以及邻居合作

去做事情对于他们来讲也是家常便饭，即使没有基础设施也不要紧。这些都是他们所需要的能力，有了这些，他们才能建造出我们这个时代最富有创意的城市——贫民窟城市——那些正在为全球10亿贫民提供居所的城市，未来这一数字将超过20亿。

我们不是要歌颂贫民窟的住宿条件。新兴的贫民窟城市看上去通常都像是排污道，并且带有人类排泄物的臭味。那里通常不会有卫生设施，不会有饮水供应，没有电，也没有公共交通工具可以到达。每个人都居住在残破的棚屋里，这家的墙紧挨着那家的墙，每个房间里都住满了人。贫民窟城市有时候会绵延数英里长，它们的出现没有经过规划，也没有人去管理，并且通常是出现在被认为不适宜居住的地方，例如在沼泽地里，在洪泛区，在陡直的山丘上，或者是城市里的垃圾堆旁，甚至是沿着某条高速公路出现，又或者是挤在某条繁忙的铁路边上。

但是贫民窟城市却是充满活力的。那里狭窄的街道上有热闹的市集，有小吃店、酒吧、咖啡店、理发店、牙医、教堂、学校、保健俱乐部、用手机进行交易的小店、五金店、饰品店、服装店、电子产品店，以及卖盗版碟的店。这是最密集的城市生活的体现。在这样的地方汇集了最多的社会资本，因为居住在贫民窟里的每个人对其他人都非常熟悉，不管他们是否希望如此。你看到的不是被贫困压迫得沮丧的一群人，而是正在努力以最快的速度摆脱贫困的一群人。

也许最极端的例子就是孟买，那里居住着1700万人，其人口密度远远高于世界其他任何城市。这座城市有一半是贫民窟，但是它却创造了印度1/6的国内生产总值。《最大化城市》（*Maximum City*，2004）的作者苏凯图·梅赫塔（Suketu Mehta）在2007年写道：

> 为什么人们愿意离开农村？他们在农村可以住砖瓦房，家门口还有两棵杧果树，向东边望去还能看到小山——但为什么他们

却抛弃农村来到了这里？是因为他们希望有朝一日，他们的长子可以在城市北边的米拉路上买到两间房。另外他们希望小儿子则可以做得更好，能够到新泽西生活。不舒适也是一种投资……

其中一个哥哥正在工作，以此在经济上支持家里的其他人。他的外甥对计算机开始感兴趣，并且很有可能会去美国。他对此感到很满意。孟买就是依靠这些看不见的互助网络维系起来的。在孟买的一个贫民窟里，你看不到单独的个体，只能看到有机的整体。在这个有机体里，你能看到一层一层的忠诚和责任，但是最小的单位就是家庭，一家对另外一家的忠诚和责任，但这样的事情不会在个人层面发生。

在这里，你的种姓不再重要，妇女一个人在餐馆里就餐也不会遭到骚扰，并且你可以自由选择配偶。对于一个生活在印度农村的年轻人来说，孟买的诱惑不仅仅是金钱，他们还向往着城市里的自由。

到2004年的时候，我知道发展中国家出现了强大的城市化浪潮，但我一直没有找到很多来自一线的文献，直到我读到罗伯特·诺伊维尔特（Robert Neuwirth）写的《影子城市：十亿贫民窟居民，一个新的城市地球》（*Shadow Cities: A Billion Squatters, a New Urban World*），我才看到了真实的状况。他的研究方法是先学习当地语言，而后直接到贫民窟里住上几个月。他住过了罗西尼亚（里约热内卢700多个贫民窟中的一个）、基贝拉（位于肯尼亚首都内罗毕旁边的一个有100万人口的贫民窟城市）、三嘉甘地那革尔（位于孟买的一个贫民窟）、苏坦贝里（位于伊斯坦布尔外围的一个已经充分发展的贫民窟城市，人口有30万，其市政厅有70层楼高）。在每一个看似吓人的贫民窟里，诺伊维尔特发现，他可以直接走进去，问问当地人，找个地方住下来，马上就可以结交朋友了。在基贝拉，他是方圆好几英里范围内唯一的白人，但没有人关心这件事。他只是怕过一次，那是当里约的警察对他进行恐吓的时候，很显然他忘记贿赂警察了。

与传统的看法相反，诺伊维尔特发现，贫民窟里非常糟糕的住宿环境从来都不是那里的居民担心的主要问题。可悲的是，当政府以及理想主义的建筑师希望为这些人提供公共居所的时候，他们建的房子就不可避免地成了贫民窟里最糟糕的地方。那些在贫民窟盖房子的人对于自己盖的房子是有自豪感的，并且他们一直在改善这些房子。诺伊维尔特发现，贫民窟的居民最为担心的两个问题是：房子是否与工作地点离得比较近，以及他们的房子是否会被拆掉（也就是联合国所说的居所安全）。

贫民窟的居民不担心没有工作：这里每个人都有工作，甚至包括小孩子。他们也不担心没有电话：每个人都有手机或可以找到打电话的地方。医疗救助也有，食物也有，而农耕生活则留给了农村的人们。在每一个贫民窟里需求最大的是基础设施，包括用水、用电以及卫生设施。这里也并不是一些如人们想象那样的罪案高发地带，有些贫民窟会被外来的邪恶势力所骚扰，那是因为他们没有自己的警察保障。虽然贫民窟居民会参与一些被联合国称为“在树木茂盛的郊区未曾出现过的文化运动以及高度的团结”，但是他们除了会捍卫自己居住的社区利益以外别无更多的政治诉求。

有人写过比诺伊维尔特的调查更为生动的关于贫民窟的记录，那是一位从澳大利亚监狱里逃离的犯人跑到孟买的贫民窟里躲藏了起来，并且参与到当地的有组织的犯罪圈子里，最后他爱上了这座城市。他就是格雷戈里·戴维·罗伯茨（Gregory David Roberts），《项塔兰》（*Shantaram*，2005）的作者，他所描述的故事有像雨果那样的紧凑以及细致，但其经历的深度则是雨果不曾有过的。

罗伯茨发现，贫民窟里的生活会不断地经历各种关系、危险、索求、情感、服务和冲突，这些东西给人的冲击是如此强大，使人迫切想离开。但每次他离开之后还是回到了这里，因为他怀念这里所发生的各种戏剧性的故事。诺伊维尔特则发现了一种类似的现象：有些人

在贫民窟里赚得足够多的钱就离开贫民窟，搬到居民楼里去住。但是他们发现新的生活很无味和孤独，于是就回到贫民窟，以找到那种激动以及社区的情怀。在孟买，有些从贫民窟被安置到政府提供的免费住房的居民希望回到贫民窟。有人说：“之前，在我们家周围，总能找到四个同伴，我们会坐在一起聊天。现在则好像被关进鸡笼里了。”（但住进免费住房的妇女则因为有了厕所以及自己的私人空间而感到高兴。）

社会融合度是区分“充满希望的贫民窟”以及“充满绝望的贫民窟”的重要因素。而这正是那些社会型组织以及非政府组织发挥作用的地方。按照联合国人居署所作的报告《贫民窟的挑战》（2003），社会型组织包括“社区剧场、娱乐小组、体育小组、居民小组、储蓄及信贷小组、儿童关爱小组、少数族群关注小组、俱乐部、倡议小组……社会型组织作为一种利益团体，填补了机构空缺，提供了一些基本服务，比如社区厨房、儿童牛奶计划、创收计划以及合作社等”。

罗伯特·卡普兰（Robert Kaplan）在2007年的报告里提到，孟加拉的非政府组织“代表了一种新型的机构形态”。在城市以及乡村，他们可以填补“政府失效的一些空白”，另外“因为孟加拉的非政府组织接受国际捐助，他们正在按照国际做法来运转，这是连本地的私营机构也难以媲美的”。

*

妇女在这个过程当中发挥了非常重要的作用。联合国的这份报告中提到，社会型组织“通常是由贫困的妇女运作并控制，她们基本上是基于自助的原则建立某种社会型组织，虽然她们会接受来自非政府组织、教堂以及政治团体的捐助”。这样一种从农村走到城市的搬迁带来的一个重要影响是，妇女的力量得以释放。那些提供小额信贷的人发现，这些贷款发放给妇女的时候最让他们放心。妇女也是住房契

约的最负责任的管理者。《贫民窟的挑战》总结道：“在很多情况下，是妇女在主导设计生存的策略，并且这些策略实际上成了发展中国家的管治结构的一部分，特别是当正统的结构失效的时候。可是，每四个发展中国家当中就有一个是立法禁止妇女以自己的名义拥有土地或申请房贷的。”

把进城妇女从挑水砍柴这样的体力劳动里解放出来，是非常重要的，这份联合国的报告指出：“自来水管道也许比技能培训能更有效地使妇女可以被解放出来，从事一些可以获得收入的工作。”

2007年，联合国发布了一份名为“在城市里成长”（*Growing Up Urban*）的报告，报告中提到了一位20多岁的名叫熙姆的妇女，她离开孟加拉北部一个小村庄，到达卡从事制衣工作：

> 这是她第一次可以摆脱她的丈夫、公公婆婆、她的村庄以及他们带给她的负担。她到这里几个月之后就可以养活自己的孩子了，而且她鼓起勇气回到村子里提出离婚……
>
> 熙姆现在更喜欢生活在达卡，因为“那里更安全，我可以赚得一份收入，过我自己喜欢的生活”。假如是在农村，这一切都不可能发生，但是她想，当她变老之后，她还是会回到农村去。她正计划在农村买一块地，然后在那里定居。

这样一种对农村的感情似乎是举世皆同的。《贫民窟的挑战》里提到：“那些一辈子都住在内罗毕的城里人，当你问起他们是从哪里来的，他们会说是从涅里（Nyeri）或基安布（Kiambu）或埃尔多雷特（Eldoret）来，虽然他们也许从没有去过那些地方。但当他们死去的时候，就会被安葬到那些他们祖辈居住的地方。”这样一种对土地的灵魂上的情结可以化为一股力量，当对土地的爱化为对土地的保护时，就可以促成在发展中国家最终实现环境保护。

在贫民窟，宗教发挥着一种更强大的支持力量，这是大多数人没有意识到的。正如迈克·戴维斯在《布满贫民窟的星球》一书里写道：

> 伊斯兰民粹主义以及五旬节会（以及在孟买的希瓦吉邪教）控制着一些社会空间，有点儿像20世纪早期的无政府主义。在摩洛哥，每年都会有50万农村人口流向城市，并且其中半数都是25岁以下，像“正义与福利”这样的伊斯兰运动势力则成了贫民窟里实际的管治力量。他们会开办夜校，为那些受到政府不合理对待的人提供法律援助，为穷人购买药品，为朝圣者提供朝圣补贴，以及为死者家属提供葬礼补助……五旬节会则是第一个完全在贫民窟里出现的宗教……自20世纪70年代以来，它主要为贫民窟的妇女争取权益并且没有种族歧视，它已经成了城市穷人自发组织的最大的一个运动。

在2007年联合国发布的报告里，乔治·马丁内提到：“起初，人们认为快速的城市化将意味着理性、世俗价值以及非神秘化的胜利……可是……新生的宗教运动基本上是发生在城市里的运动……在中国，城市在飞速发展，宗教也迅速地找到了附着点。”

*

在我看来，贫民窟里最震撼的景象就是随处可见钢筋从水泥墙的顶端探出来，随时都可以在上面添加新的结构。在那些用双手建起的高层建筑的顶层，总会看到有钢筋在那里，仿佛就是准备好总会有新的一层在未来某个时间被加上去。也许那是给亲戚建的，也许就是为了赚取一点儿租金。在今天的土耳其，你在人们家里随处都可以看到一堆一堆的砖块。每当人们赚得一点儿钱之后，他们就会去买砖块，而砖块并不会因为通货膨胀而涨价。当存到更多钱之后，他们就会建起一面或两面墙。而那些未完工的墙面也可以抵挡恶劣天气的侵袭。

而在那些新兴的贫民窟里，在那些不断面临被摧毁威胁的贫民窟里，拿来做建筑材料的包括板材、布、塑料、木材、平整的油鼓，以及最受欢迎的铁皮边角料。在《影子城市：十亿贫民窟居民，一个新的城市地球》这本书里，罗伯特·诺伊维尔特写道：

> 让我们给塑料管唱一支颂歌吧，把荣誉献给预制好的窗户，让我们向旧式的板材，向批量生产的洗碗槽、瓷砖致敬。要给水泥以及煤渣砖致敬，要歌颂地位卑微的螺纹钢，还有可以快速变干的混凝土。最后也为容易操作的塑料线、容易安装的电器插座以及模块化的电话服务歌唱吧。

随着时间的流逝，这些墙会变得越来越坚固，房子也会盖得越来越高，建房子的人们也会逐步选用一些更为耐用的材料。贫民窟非常神奇的一点是，它们是随着时间的流逝不断地在加固和改善的，都是靠生活在那里的人们一点一滴地完成。那里的每一间房子都是这样盖起来的。甚至于整个社区也是这样建立起来的，在那些需要周详计划的人看来，贫民窟非常混乱。但是当我从一个生物学家的角度来看的时候，就会发现其实它们是有机生长的。

甚至是查尔斯王子也有类似的看法。他参观完达拉维的贫民窟之后，回到伦敦跟那里的观众说：“我在那里发现了一种潜藏的，似乎是直觉一般的设计方法，用那样一套东西，人们可以下意识地创造出一个有利于步行，可以用作多种用途，并且适应当地气候和材料的环境，这恰恰是那些千篇一律的水泥板建筑所缺乏的，可是我们今天依然在建那样的房子来安置穷人。”

据城市研究者说，贫民窟里的居民目前已经成了这个地球上最主要的建造者。

*

而在那些更旧一些的贫民窟社区里，我们可以发现另外一种奇观。一些为撰写2003年联合国报告在泰国进行实地调研的研究者发现：

> 曼谷所有的贫民窟家庭都有彩色电视机，平均每户拥有1.6台彩色电视机……另外，几乎所有的贫民窟家庭都有冰箱。2/3的家庭有1台CD播放器、1台洗衣机以及1.5部手机。他们当中一半的家庭里有1部电话、1台影碟机以及1辆摩托车。

早在1970年的时候，贾尼斯·珀尔曼（Janice Perlman）就对住在里约热内卢贫民窟里的750位居民进行过采访。基于这些采访写成的《边缘化的神话》（*The Myth of Marginality*）一书指出，住在贫民窟里的人有着“像布尔乔亚那样的欲望，像冲锋的勇士那样的坚毅，像爱国者那样的价值信仰”。30年后，到2001年的时候，她再次回到那里去采访当年的受访对象以及他们的孩子。她所看到的改变是巨大的。虽然贫民窟里的居民依然因为他们的居所而遭到歧视，但他们的识字率已经从第一代移民的5%，上升到他们的孩子目前94%的水平。现在所有人都住在砖瓦房里，并且有水电以及室内卫生间。所有人都有了冰箱、电视、手机和洗衣机，并且相比起那些生活在里约其他地方的中产阶级邻居，更多的人拥有微波炉和电脑。有2/3的人离开了贫民窟，搬到更具合法性的地方去居住。而那些留在这里的人们当中，很多人家里的墙壁都贴上了漂亮的瓷砖，并且配备了家具。

《经济学人》的一位记者参观完孟买之后写道：“达拉维可以说是亚洲最大的贫民窟，可是这里相当活跃，并且可以说人们是成功地生活着……不过在那些被霓虹灯照耀的商店里，在路人的暗暗的眼神交流里，在茶馆里交叉的水烟管里，反反复复，都是同样的故事。这里每个人都在努力工作，每个人都在努力往上爬。”

*

贫民窟是伴随全球经济发展而出现的现象，但是人们没有注意到它，因为它从设计上就是会避免人们的注意的。贫民窟居民不会对土地或者房产有正式的所有权，他们不会缴税，他们不会去缴纳任何形式的授权费，他们也不会关注政府通过的汇率。但是他们在经济上有蓬勃的发展，他们互相收取住宿的费用，虽然他们对房子本身没有合法的所有权，他们彼此雇用，并且彼此交易各种各样的货品，有些是盗版的，有些甚至是非法的。这就是“非正式经济”。就像暗能量给天体物理的理论带来巨大冲击一样，“非正式经济”相对于正统的经济学理论而言也是如此。这东西本来是不该出现的，但是它确实存在在那里，并且规模巨大。

虽然非正式经济对于外人来说是看不见的，但是对于它自身而言，有着极大的可见度。一个密集的社区所带来的社会资本就在此获得最大的收益。虽然他们没有正式的产权证，但是所有人都知道谁实际上拥有哪一栋房子，以及谁可以通过出租房间来获得租金。假如你可以教语言，或者是你可以造假的身份证或者有其他技能，都不需要做广告，你的客户就会找到你，但是官员则找不到你。

联合国于2003年发表了一份报告，名为“贫民窟的挑战”，该报告预计，在发展中国家，有六成的城市就业都发生在非正式经济里，并且非正式经济的表现与正式经济的繁荣有根本性的联系：

> 从家庭作坊做出来的打印机打印出来的字印在送往旅馆的洗衣袋上，焦炭工用三轮车把炭运到铜匠那里，经理每天把孩子交给家庭托儿所，政府官员请工匠为他家筑上一堵新的安心墙……所有这些都显示了正式经济与非正式经济之间复杂的网络和联系。

在很多城市里，最贫穷的贫民窟都是跟最富有的富人区紧紧挨在一起的。看上去就像是一种怪诞的不公平，事实也是这样，但是这对

于任何一个高密度的城市来说都是一种高效率的经济现象——因为经济上的供需靠得非常紧。用人、保姆、园丁以及保安，可以直接走路上班。

穷人有的是时间，但是他们没有钱；富人有钱，但是他们没有时间，于是他们就进行交换。我发现，那些很缺钱但时间充裕的人，他们花费时间的方式，比那些不缺钱的人花费金钱的方式更为有趣。对于非正式经济而言，原创性是司空见惯的事情。例如，在贫民窟里，很多人都在从事都市农耕：很多家庭以此节省开支，并且可以获得更好的营养，他们还可以到离家稍远一点儿的地方去销售自产的农产品。在哥伦比亚的麦德林贫民窟里，“人们就在自己家第三层的天台上养猪，另外还利用切开的塑料瓶来种菜，直接挂在窗户的铁条上。”这是博客作者伊桑·朱克曼（Ethan Zuckerman）的描述。

对于非正式经济领域当中的底层工作者，其收入往往是非常微薄的。罗伯特·卡普兰在2008年的时候就曾写道：

> 对于那些从农村来到孟加拉城市里的新移民来说，他们可以拉人力车，他们在马路上的身影就跟他们在农村的田地里努力寻找合适的土地一样。单单是在达卡这座人口超过1000万的城市里，就有几十万的人力车夫。人力车夫每天需要给一个类似黑手党那样的组织（通常会跟某个政党有关联）交纳1.35美元，才能租下一辆人力车。人力车夫每拉一位乘客平均收费30美分，一天下来可以获得约1美元的利润。他们的妻子也许可以通过敲砖赚得同样的收入，而他们的孩子则需要到垃圾堆里去淘宝。

在贫民窟里有很多隐蔽的私立学校，那里的老师把自己知道的东西教给学生，并且获得收入。正如克莱夫·克鲁克（Clive Crook）在《大西洋月刊》上所写的：“这些付全额学费的学生，他们的家长相

当的贫穷，反而非常愿意出钱让孩子上学。整体看来，这些每天只需10美分学费的学校，其教学成效反而比那些学费更高的学校好。”

这本书在2009年全球金融风暴还未结束的时候就已经写好了。是不是这些散布于全球的非正式经济没有受到金融风暴的冲击，反而成为避风港？还是那里的人们忍受着更大的伤痛？（《华尔街日报》2009年的一篇报告指出，在发展中国家，“人们走向非正式经济，因为那里成了人们摆脱金融危机的保护伞”。）是不是有人因此陷入更深的犯罪经济的漩涡里？假如是这样的话，同期全球有组织犯罪是不是在上升？城市化进程是在加快还是减慢？2009年3月，我的预测是：因为有更多人开始从事非正式经济行业，使得整个非正式经济将会走向增长；犯罪经济也会增长，因为他们从来都是最擅长利用混乱来行动的。城市化进程的速度则不会改变。我的预测会有多少是错的呢？

*

在正规城市里，基础设施也许是被隐藏起来的，但是在贫民窟里就不是这样。在贫民窟，你随处都可以看到四处伸展的电线，人们用电的时候就直接偷，看有线电视也是如此；还有无处不在的塑料管道，用来调配水源，都是非法安装的。这是一种自给自足式的基础设施。一家名为AES（美国能源服务公司）的专门服务发展中国家的能源公司，于2006年时邀请我参加布宜诺斯艾利斯的一个会议。那家公司尝试将那些偷电的贫民窟居民变成每月支付电费的顾客，他们的实验一开始在委内瑞拉的加拉加斯进行。他们说，他们花了很长时间才跟贫民窟的居民建立了良好的信任关系，而这是做生意的前提。居民也发现，偷来的电总是不稳定，并且这个行为本身也“不干净”：不断变化的电流会经常烧坏家里的电视和冰箱。居民们还意识到偷电甚至是危险的：平均每个月有4个人会因为私拉电线而触电身亡。

AES的人告诉我：“在贫民窟里有大把的钱可赚。”但是对于大多数的家庭来说，他们的收入是不稳定的，也就不能按月来交电费。于

是AES就重新设计电表，改装后的系统跟当年英国在“二战”之后使用的一样。当你手头上有钱的时候，你就去购买一些类似钱币那样的东西，扔到电表里去，马上你就可以在一定期限内获得干净而且可靠的电力供应。为了增进与贫民窟社区居民之间的信任，AES还邀请一些比较熟练的偷电高手来安装新系统。AES是可信的，它的新客户也是可信的，可是该国总统查韦斯反而是不可信的。起初，查韦斯还支持这一项目，可是到2007年的时候，他把电力系统收归国有，并将AES踢出局。（AES汲取了经验，并且带着他们的团队在圣保罗安装了一个类似系统。）

AES是一个案例，它和其他很多公司一样，是受到了C·K·普拉哈拉德（C.K.Prahalad）写的《金字塔底层的财富》（*The Fortune at the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty Through Profits*，2005）这本书的影响。这本书讲述了公司如何可以接触到全球最贫穷的40亿人，并且在正式经济与非正式经济的边缘提供商品和服务来满足这些人的需要。普拉哈拉德在书中写到，穷人通常在晚上7点之后才会出来买东西，他们每次只是买很少的东西；假如有人提供相比于贫民窟当地的垄断价格更便宜的价格，他们会非常欢迎，并且他们对于新科技不会抵触，反而乐于接受。

企业应当关注现在被称作“金字塔底层”的市场。全球有相当一部分人是在迁徙中的，他们在城市里尝试新的东西，他们很有潜力成为新顾客、合作者以及竞争者，虽然现在穷人的收入还不多，但是其增长速度迅猛，并且累计起来的数字是很惊人的。2007年有一本书名为《下一个40亿》（*The Next Four Billion*），该书指出：

> 全球有40亿人每年的收入低于3000美元，这些人都是生活在相对贫穷的状态。如果用当下美元的价值来计算的话，假如是在巴西，就是每天收入少于3.35美元；假如是在中国，就是每天收入少于2.11美元；假如是在加纳，就是每天收入低于1.89美元；

假如是在印度，就是每天收入低于1.56美元。但是，所有这些人加起来，是有很强大的购买力的，金字塔底层蕴含着总计5万亿美元的消费市场价值。

此外它还是一个巨大的劳动力市场。《贫民窟的挑战》一书的研究人员惊讶地发现，因为有了本国政府以及民间组织的监督，大型跨国公司往往能够为发展中国家的城市提供最高报酬的工作以及工作环境，并且在这个过程中让其他公司的薪酬标准也随之提升。

*

所有生活在非正式经济下的人们都是生活在合法与非法的边界上，随着时间的流逝，可以偏向任何一个方向发展。聪明的政府、民间组织以及企业会帮助贫民窟居民逐步获得合法身份，因为假如这些人沦入犯罪经济的话，就会带来灾难。在莫伊塞斯·纳伊姆（Moisés Naím）写的《非法》（*Illicit*，2005）这本书里记述了非法经济市场，其规模之大以及伤害之广在书中可见一斑。全球每年在毒品、武器、非法劳工（包括非法性工作者）、受保护动植物、被盗文物、被窃取的知识产权、非法货币流通等等方面的交易额加起来介于1万亿到3万亿美元之间。世界各地的贫民窟里活跃着的非正式经济为罪犯提供了超级保护，也提供了强大的劳动力来源。

很多贫民窟是被当地的有组织犯罪团伙控制的，有时候是负责任的控制，有时候是具有破坏性的控制，通常情况是二者的结合。情况最严重的是在巴西，那里的贫民窟经常就是被毒贩控制，大多数时候是很友善的控制，但是一旦遇到了他们跟政府交火或者不同毒贩之间进行火并的话，情况就会变得很糟糕。而贫民窟里的银行是从来不会发生抢劫事件的。但是在过去的10年里，有一股新的地下力量在成长，它就是“首都第一命令队”（葡萄牙文全称是Primeiro Comando da Capital，简称PCC）。它是一个相当庞大的训练有素的团体，他们

直接在巴西的监狱里利用手机进行远程操控，可以成功地发动围攻袭击。2006年5月以及7月，PCC两度制造系列暴力袭击事件，使得整个圣保罗都因此瘫痪。PCC为什么要做这些事情呢？显然他们只是想展示给别人看，他们拥有这个能力。威廉·朗格维舍（William Langewiesche）在《名利场》（*Vanity Fair*）杂志上撰文指出，PCC只是一个更大的现象的一部分，他将这个现象称作“野蛮区域”：

> 在世界范围内，已经有很多人居住在这样的野蛮区域里了。但是官方总是否认或者很少提及他们。这不是回到了中世纪，而是迈向一种新形式的进化——是全球化的一种附属品，是一种根本性的秩序重组，它也许会使得国家边界的概念变得过时。在哥伦比亚以及墨西哥的毒品种植区，在非洲大片的割裂的草原区，在巴基斯坦以及阿富汗的部分地区以及在伊拉克的大部分地区，最容易找到这样的野蛮区域。但是，在那些政府看似依然管治得不错或国家依然看似强大的地区，在表面之下同样存在着这样的野蛮区域。

PCC也许确实控制着巴西半数左右的贫民窟，但是另外一种力量正在开始兴起，就是同样生活在贫民窟里的民兵组织。在毒贩、PCC、警察中间经常发生武装冲突，现在民兵也被卷入其间。贾尼斯·珀尔曼30年来一直在研究里约热内卢，她写道：“1969年，那时候人们担心自己的房子会被政府拆掉，现在，人们在担心自己是否会在毒贩和警察的交火中，或者是在不同的地方势力的交战中遇害……有超过1/4（实际数据是27%）的人说，自己家里有人就是在这样的场合下遇害的。”

那些在野生环境中谋生的人可能会对环境问题或气候变化不加关注。假如当气候变化开始给社会带来裂变的时候，一些野生环境还处于发展状态，这将会因为社会动荡而引发战争，另外也会引发资源争

夺战。我们就将重新回到“持久的战争”当中，并且，“持久的战争”这一次将会在多个层面发生。

*

并不一定要这么做。“圣弗朗西斯科以前也是一个贫民窟。”在面对着一群圣弗朗西斯科的观众时，罗伯特·诺伊维尔特如此说道。世界上所有的城市在它们一开始出现的时候都是贫民窟。而它们逐步走向繁荣的历程，现在正在世界各地的贫民窟重演。只是现在这种变化的速度更快，而且整体的规模更大。诺伊维尔特指出，正式经济体系的维护者所需要做的，就是帮助贫民窟的居民获得居住的权利，并且允许他们有足够的时间来融入主流世界，并且很显然，随着这些人的加入，主流世界的秩序也会发生改变。正是这样一个项目接一个项目，一个国家接一个国家，整个地球都在学习怎么利用都市贫民窟居住者的无限创造力。

其中一个想法是由埃尔南多·德索托（Hernando de Soto）在很早以前提出的。他于1989年出版了《另外一条道路》（*The Other Path*），那是一本标志性的书，他是第一个欣赏非正式经济这种经济模式的人，当时他就是根据对利马的贫民窟的调查写出这本书的。他的理论是，唯有在贫民窟的居民自己的房子也能换来价值这个前提下，贫民窟居民才能走出贫穷的困局。有人试过这样的做法，但是对于都市里的贫民窟而言，这样的做法基本上行不通。因为这样的做法并不能为房子的主人增加信用，只会鼓励房子的拥有者把房子出租出去，还会把抢掠者引进来，最后反而使后者致富。诺伊维尔特在《影子城市》里写道：

> 哪怕是你给人们地契，或者是有保障的租赁合约也没有用，因为人们仅仅是需要确保自己不会被赶走。一旦人们知道自己住在这里不会被赶走，他们就会安心盖房子。于是，就有了市场，

> 有了买卖，有了租赁，有了创造，有了新的建筑。这一切都是由现实需要进行控制，没有法律上的控制。这正是关键所在。假如你给贫民窟居民带来安全感，他们就会把明天的城市盖出来。

由此我得到的经验是，所有那些把房子仅仅当成物业的行为，最终都会使得社区关系破灭，而任何把房子当成家的做法都使得当地社区保存下来。

只有当居住者、政府、民间组织以及公司各方都根据当地实际去逐步协调处理，从贫民窟居民到合法城市居民的转变才会变得最为畅顺。多伦多出版的《环球邮报》写道：

> “最好的方案就是让贫民窟的居民自己选择自己的未来。作为政府，应当为他们提供干净的饮用水、卫生间、电力、垃圾收集和处理等服务，甚至是允许那些有能力盖房子的人自己使用本地可以获得的材料来盖房子。”这是普劳德·拉奎因（Aprodicio Laquian）说的，他是一位加拿大籍菲律宾裔城市规划师，于20世纪60年代发明了由贫民窟居民主导，去设计城市再生的方案。这些方案被称作“贫民窟升级改造”，或者是“据点与服务”，在过去40年那些最为成功的都市翻新改造当中都发挥了核心的作用。

就如联合国2003年发布的这份报告所指出的：“当有一半的城市人口都生活在贫民窟里的时候，贫民窟就成了占主导地位的城市形态。”一个城市星球有各种理由去尝试理解贫民窟，去尊重生活在那里的人们，并且为他们扫除障碍，使得他们可以获得公民所应获得的所有权利。这样也可以帮助整个世界，不仅是在务实的层面，也包括伦理的层面。关于世界可以从一个城市人口占大多数的人口分布当中收获些什么，将会在下一章详细论述。

有关本章的更新、附带资料以及插图，请见链接http://discipline.longnow.org/。





第三章

都市新希望

城市是舒适的，居住于城市

就是走向文明，可以通宵阅读

或唱歌跳舞，直到日出

在等待中起来而不是醒来。

——罗伯特·弗罗斯特，《慈悲的假面具》

城市使得创新得到加速。城市解决了人口过度膨胀的问题。虽然城市正在变成人类历史上最绿色的东西，但我们还有很长的路要走。

*

很多因为厌倦贫穷而搬到城市里的人所展现出来的动力和智慧，正在加速着许多具有改变世界意义的创新，并且，这些创新也正在得到大范围的推广。最经典的个案就是与手机相关的。

2007年，英国广播公司派一位记者及摄影团队到肯尼亚，他们遇上了一个通过手机组织起来的快闪行动，一些贫民窟居民参加了这次行动。他们包围了一辆推土机，以此反对强行拆迁。记者还发现，有农民利用手机——他们称这是他们新的中间人——来跟踪几个远处村庄的西红柿价格。他们还发现，养牛的牧场主也会利用手机来跟踪远方的放牧工人。内罗毕的一位年轻的妇女说，现在手机就是她的办公室："它使得人们可以自我控制，就跟车轮和铁路一样重要。"而手机短信也在帮助人们识字。手机的直接性可以让人们绕开政府腐败。手机信号覆盖到哪里，经济发展和社会改变就会在哪里发生。

发展中国家的穷人还把手机变成了货币。麻省理工学院的技术研究员亚历克斯·彭特兰（Alex Pentland）写道：

> 在非洲以及南亚的一些地区，人们通过手机进行银行业务，金钱直接通过手机进行交换，人们还使用短信来支付购买蔬菜或乘坐出租车的费用。因为在发展中国家，重新翻修后的手机仅卖10美元，并且接收短信是免费的，社会的每一个阶层都通过短信联系了起来。即使是建筑工人，也不再是待在街角等工作。相反，现在有了集中的电脑系统，他们可以直接通过短信收到工作信息。国际电信联盟估计，在最贫穷的国家，每增加使用一部手机，就可以为国内生产总值增加3000美元，这主要归功于手机所带来的商业效率的提升。

这其中一个重要的财源是预付费的SIM卡[注]。在非洲，这一行业在2007年就已经达到了30亿美元的营业额，并且都是由本地的草根老板来经营的。SIM卡可以在菜市场或者类似的地方买到，通常会跟充值卡放在一起销售。有些人则只是带着一张SIM卡在身上，当他们需要打电话的时候，就借别人的电话来打。肯尼亚的一家名为“猎游网络”（Safaricom）的电信公司则提供一种名为M-Pesa的服务，这一服务可以使手机实现自动提款机的功能。你要是想给别人寄钱，就给对方发送相应的代码，对方获得代码就可以到当地的M-Pesa代理处取钱。手机话费可以作为现金的替代品用于交易。而信用卡付款也是用手机来完成的。国外的亲属汇款回国也是通过手机。（总额现已达到每年3500亿美元，并且预计很快将会增长到1万亿美元。在有些发展中国家，这些汇款的总额已经超过了国际援助以及国际投资的总和。）

南非一家名为威斯特（Wizzit）的公司提供了通过手机而无须实体银行的银行业务，我甚至希望在加州也能有这样的服务。你可以在任何时间、任何地点开通一个账户。你可以将自己Wizzit账号上的钱转到任何一个银行账户上，用这些钱交水电费或者在全球任意一个自

动提款机获得现金。它的服务中心也是多语种的。甚至小孩也能有他们自己的账户。与M-Pesa和Wizzit相类似的，还有菲律宾的GCash服务。

还有专门为穆斯林定制的手机软件：手机会每天5次自动呼叫主人，提醒他做祈祷，主人收到提醒后的20分钟，手机会自动关机。刚果共和国的一个非政府组织则“为当地的老师、长者以及商界领袖提供智能手机，他们一旦遇到孩子被征为童子军的情况，就可以做出举报”。有些手机还包含语言教学的游戏。诺基亚则在生产一种有7个电话簿的手机，以方便多人使用。

手机还证明洲际范围的“逐步完善的基础设施”是可以建立起来的，哈佛大学一位名叫伊桑·朱克曼的博客作者如此写道。一位创业者所需的无非就是一座手机信号塔，而建塔的费用可以通过卖手机给当地消费者而获得。获得了利润之后，还可以建新的手机信号塔。而网络链接也可以通过类似的方式实现，每次买一个卫星碟形天线就可以了。过不了多久，当地人就能通过为美国公司做数据录入或翻译的工作而获得收入。手机信号塔以及手机充电器的普及需要电力，而目前电力基本上是通过低效而昂贵的柴油发电机获得的。朱克曼预计，未来会有一些微型发电装置逐步得到普及。

*

尼古拉斯·沙利文（Nicholas Sullivan）写了一本关于手机革命起源的书《现在你能听到我了》（*You Can Hear Me Now*，2007），他为此专门采访了麻省理工学院列格坦发展与创业精神中心的发起人伊克巴勒·卡迪尔（Iqbal Quadir）。卡迪尔出生在孟加拉的一个小村庄，当年他还在纽约一个金融公司工作的时候，遇到了计算机系统崩溃的意外。他说：“我意识到，能够跟世界连接起来，本身就是一种生产力，不管对于一个现代化的办公室还是对于一个欠发达的农村，都是如此。”正是基于这样的认识，1994年的时候，卡迪尔开始为孟

加拉建立手机网络。他与格莱珉银行（Grameen Bank）合作——后者是一个微型信贷组织，正是这一组织帮助穆罕默德·尤奴斯（Muhammad Yunus）获得了2006年的诺贝尔奖——他在孟加拉全国各地招募了许多的农村妇女，给她们手机，并且让她们进驻到大大小小的村落里，假如其他村民需要打电话的话，就可以找这些妇女，这就是格莱珉手机的模式。截至2008年，格莱珉手机的利润额为10亿美元，而伊克巴勒的哥哥卡迈勒·卡迪尔（Kamal Quadir）则专门为孟加拉创建了一个基于手机的在线市集，名为“手机市集”（CellBazaar）。这一手机市集使得一对一的货品和服务交易成为可能，并且最低的交易成本仅仅为两美分。穆罕默德·尤奴斯说：“格莱珉银行只是对穷人有影响，而格莱珉手机则对整个经济产生了影响。”沙利文的书里还记录了发生在非洲、印度以及菲律宾的类似的变革。

穷人的无限创造力在简·奇普蔡斯（Jan Chipchase）的幻灯片里展现得非常清晰。奇普蔡斯是诺基亚在某一个区域的人类学家，他研究的是出现在发展中国家里的人们所利用的信手拈来的科技。他在印度的贫民窟里拍下了很多照片，可以看到整条街都是手机维修店，当地聪明的维修师可以反向破解世界上几乎任意一部手机，并且制造出图案丰富的修理手册。他其中一张幻灯片展示的是乌干达某贫民窟里的一个破烂的门口。淡蓝色的门上可以看到手写的“077399721”。这不是一个街道地址，而是一个手机号码。贫民窟是最先围绕手机来塑造他们生活形态的都市元素。

*

金字塔的底层已经不再是一个被忽略的市场了，那里是一个国家经济的创意引擎。乔尔·加罗（Joel Garreau）在他发表于《华盛顿邮报》的一篇文章上写道：“我们从零开始，仅仅用了约26年的时间，我们这个拥有66亿人口的地球上已经有33亿手机用户了，这意味

着我们走过了一个分水岭。这是人类历史上扩散速度最快的一项技术……发展中国家的手机使用者数量超过了发达国家，这也是通信技术历史上的第一次。”到国外旅行的美国人甚至会发现，手机网络覆盖率在发展中国家甚至比在美国做得更好。

科技史学家凯文·凯利（Kevin Kelly）由此总结出一个有趣的结论：

> 10年前，那些对科技发展感到忧虑的人会对“数字鸿沟”感到担忧。这个概念是指，有电脑以及能联网的人跟没有这些技术的人之间所产生的不公平的鸿沟。那时候人们经常问的是：“对于这个数字鸿沟问题，你该如何解决？”
>
> 那时候我的回答都是一致的：“不需要做什么事情。这不过是早获得以及晚获得的区别。早获得的人（就是我们）就会为早期还不甚成熟的技术付费，这样就使得晚获得的人可以更廉价地购买到这些科技产品，以及更好的科技产品。后来才购买这些产品的人甚至可以用非常低廉的价格买到。”我接着说到了我现在依然相信的东西：“晚获得的人会非常快、非常广地接纳和使用这种技术，很快这个地球上的所有60亿人都将会连接到网络上。而假如说我们有什么需要担忧的话，那就是：当我们所有人都连接起来之后，会发生什么？”

*

人口过度膨胀也曾引起过类似的担忧。事实是，城市居民通常会生育更少的孩子——贫民窟里的居民也不例外。正是因为城市化的这一副产品，环保人士对于人口过度膨胀的担忧在慢慢地消失。但是这一消息还未广为人知。这一影响是如此之深远，很值得在这里回顾一下我们对人口过度膨胀之担忧的历史。

世界上最古老的故事，就是《吉尔伽美什》，它是4000年前人们用楔形文字写成的。这个故事记录了被称为人类历史上的第一个城市——苏美尔首都乌鲁克的故事。并非很凑巧的是，乌鲁克也是第一个文字创作方面的中心。在史诗里，有一场大洪水卷走了所有人以及所有的动物，只有那些逃到方舟里的人和动物才得以存活下来。而巴比伦的洪灾与《圣经》里描述的洪灾有明显不一样的起源，后者创作的时间比前者晚1000年。大卫·达姆罗什（David Damrosch）在他写的《被掩埋的书》（*The Buried Book*，2007）中写道：

> 最根源的问题不是像《圣经》里所描述的那样是因为人类好奇，而是因为人类不加控制地进行繁衍，并且人们开始制造出各种声音。天神也因此睡不好，于是他们就听从他们的领袖恩利尔的话，给人类送来了洪灾。恩利尔的这个行动是暴力的，但是它符合生态学上的逻辑：人类发出的噪声是因为人类过度繁衍所致，这个在旧时的美索不达米亚是很严重的现象，并且这给当地的资源造成了极大的压力。

这些读起来就跟史蒂文·勒布朗所写的因为人类贪欲与环境可承载能力之间发生冲突，进而发生战争这种事非常类似。托马斯·马尔萨斯（Thomas Malthus）在他1798年出版的《人口论》（*An Essay on the Principle of Population*）一书里也讲到了同样的故事。我的老师保罗·埃利希于1968年写成的《人口爆炸》（*The Population Bomb*）一书也表达了类似的担忧。在那本书里，他把人口过度膨胀放在了我们要实现可持续发展目标时首要解决的问题。那本书开头是这么写的：“我们尝试养活地球上所有人的努力已经到尽头了。到20世纪70年代和20世纪80年代的时候，将会有数以百万计的人因为饥荒而死亡，哪怕我们今天就开始采取任何紧急行动方案，也会无济于事。”作者在书的结尾处推荐我们要实行“强制生育控制”的政策，包括由政府通过居民饮水以及食物采购的渠道发放节育的药物。

*

关于当时环保人士是怎么响应人口爆炸的问题，我可以说一个自己亲身经历的案例。1969年，看了埃利希的书之后，我得到了启发，决定组织一次露天的现实剧场，那是一个大型的演出节目，当时我们就称之为“地球生命之舟”。当时，我们效仿民权运动人士发起的静坐行动，搞了个“饥饿静坐”行动。那些吃得好好的美国人会自愿选择让自己挨饿一个星期，以此来让更多人关注数以百万计的在其他地方不得不每天都忍受饥饿折磨的人，而他们之所以要挨饿，是因为人口过度膨胀所致。而我们那个“地球生命之舟”实际上就是一个停车场，周围有充气的管子将其围起来，有一扇门是开向外面的，上面写着一行字：“你准备好去死了吗？”其设计的理念是，所有那些依然在生命之舟里不进食的人都还活着，但他们随时都可以停止忍受这样的折磨，从门口走出来，并且立刻“死亡”。

有60多个志愿者参与了这个演出，他们大多数都是来自一个叫“野猪农场”的流动表演组织。媒体也来了，他们期望可以捕捉到一些有趣或者是有教育意义的镜头；当时根本没有人知道最终结果如何。参与其中的志愿者发现，困在那样一个只有水没有食物的地方，一开始会觉得很闷，而后会觉得非常无力。你的身体会蜷缩起来，以保存自己体内正在不断减少的任何一丁点儿的能量。为了让参与其中的志愿者保持斗志，每到晚餐时间，野猪农场的领队瓦维·格拉维（Wavy Gravy）就会通过喇叭，像一位酒店的服务员那样进行广播，广播的内容则是我们根本无法享用的美味的晚餐。

有少数几个人顺利地熬过去了。那是一些身体强壮的瑜伽师，不过他们也因为“只是喝西北风”，连眼睛也变成了红色。我们大多数人都是在忍受着。有很多人“死了”。在那样一个几乎是没有尽头的一星期的最后，那些幸存者围坐成一个大圆圈，大家就七嘴八舌地叫嚷起来。有人唱起歌来，一开始只是“啊啊”的声音，慢慢就变成了

哀号，最后就变成了大家对我们自身经历的痛苦，以及整个地球正在经历的痛苦的哭诉。

*

埃利希自己在之后也参与进去了。1972年，联合国在斯德哥尔摩举办了第一场关于环境议题的全球论坛。那时候，已经成为畅销书的《全球概览告别版》（*Last Whole Earth Catalog*）为其母体机构，也就是庞特基金会（Point Foundation）带来了一笔100万美元的收入。于是庞特基金会决定派遣一支专门宣传对立观点的队伍去斯德哥尔摩，并因此花费了其第一笔也是最大的一笔开销。这个队伍里的成员包括诗人（有加里·斯奈德，迈克尔·麦克卢尔）、印第安人[特别是霍皮族的长老，他们当时正在抗议大公司在布莱克台地地区的采矿行为]、圣弗朗西斯科地区的环保人士，包括第一批抗议捕鲸的斗士琼·麦金太尔以及公开反对人口过度增长的斯特凡妮·米尔斯，永远都准备着的野猪农场以及他们的巴士。其中一辆巴士当时就在斯德哥尔摩街头巡游，它的外表被装扮成一头鲸鱼。他们一路上就播放鲸鱼哀鸣的声音，当录音带不巧出现故障的时候，他们就直接张口吟唱出鲸鱼的声音。

当时在斯德哥尔摩，就有一个关于人口过度增长的争论爆发出来了。争论的双方分别是埃利希和他的论敌巴里·康芒纳（Barry Commoner）。康芒纳当时写了一本很受欢迎的书，叫“封闭的循环”，那本书就直接抨击了埃利希关于人口爆炸的论调。他们两个当时都参加了斯德哥尔摩的大会，并且康芒纳还通过一些第三世界国家代表之口，向埃利希提出了很多尖锐的问题，而埃利希则逐一做出强烈的回应。康芒纳的观点是，没有必要推行控制人口增长的政策，因为“人口结构的转变”会改变一切——只需要帮助穷人摆脱贫困，他们就会少生些孩子。而埃利希则坚持认为，情况已经变得非常严重了，不能采用那样的政策，并且，那样的思路也不可能实现：因为你

需要有强硬的政府控制，才能降低生育率；但假如不控制人口增长，后果就是大规模的饥荒以及对环境带来的巨大伤害。

当时，我是站在埃利希那一边的，并不认同康芒纳的观点。但是埃利希所预言的饥荒并未发生，这在很大程度上是因为有了农业领域的绿色革命，并且我们也不需要一个强硬的政府来推行人口控制政策。相反，康芒纳关于人口结构转变的观点反而基本上都被证实了，虽然实际发生的过程是他或者任何其他人所未曾预料到的。

*

几十年来，环保人士一直担心人口过度膨胀会带来许多恶果，并且来自联合国的早期调研也证实了那样的担心。有一位名叫华莱士·考夫曼（Wallace Kaufman）的人口乐观主义者在1994年的时候写道："所幸的是，地球人口将会在下一个世纪中叶前后达到120亿到150亿的峰值。"而在1972年出版的描绘了几近是末世色彩的《增长的极限》（*Limits to Growth*）这本书里，作者指出，人口的过度增长将会超出地球可承载能力的上限，之后就会出现人口衰减。这样一种预估至今依然被很多环保人士所认同。

但是这一理论的增长原理早在1963年的时候就被证明是错误的，那时候人口增长的速度达到每年2%并且开始下滑。1963年的这个转折点告诉我们：我们想象中的那个类似J形的增长曲线实际上是更为常见的S形增长曲线。人口增长的速度正在变慢。没有人想到人口增长速度会变为负数，并且地球人口在21世纪会开始逐渐缩减，既不会达到峰值也不会出现人口急降。但这正是已经发生的事实。（当然，假如气候变化真的带来了灾难性的悲剧，那《增长的极限》一书所描述的那个曲线将会重新出现，但不会是因为人口过多而导致地球承载能力不足，而是因为地球承载能力下降而导致人口数量下降。）

到20世纪90年代末，我开始意识到人口和生育率正在发生一些奇怪的变化。但直到读到菲利普·朗曼（Phillip Longman）2004年在《外交事务》（*Foreign Affairs*）杂志上发表的一篇题为“全球婴儿衰退潮”（*The Global Baby Bust*）的文章，我才得以确切地了解。这篇文章写道：“全球有59个国家，也就是几近全球44%的人口，现在都没有足够的婴儿来防止人口衰减。这一现象在持续蔓延。根据联合国的最新预估，到2045年，全球人口总体生育率将会低于人口更替率。”在前面提到的这篇文章以及2004年出版的《空摇篮》（*The Empty Cradle*）这本书里，朗曼解释了其中的原因：“当越来越多的人迁往城市之后，在城市里生更多孩子并不能带来更大的好处，同时妇女也获得了经济上的机会以及节育方面的帮助，就会使得抚养孩子的成本增高，不管是经济方面还是社会方面。”

发展经济学家保罗·波拉克（Paul Polak）指出，对于农村地区的穷人来说，生育多个孩子是非常合乎理性的：

> 在孟加拉的一个有一亩田的家庭，就需要3个男孩：一个帮家里干农活；一个读好书以谋得一份有机会收取贿赂的政府工作，以此养活家人；另外一个则需要到本地找到一份工作，以他的工资来支持他弟弟读书，让他弟弟最终可以谋得政府工作。但最终要有3个男孩就意味着要生8个孩子，因为其中两个很有可能在5岁之前就夭折，仅仅剩下3个男孩以及3个女孩。

关于城市人口出生率将如何变化，在联合国于2007年发布的一份报告中对此有所描述，该报告题为“城市发展的新空间”（*Unleashing the Potential of Urban Growth*），是由乔治·马丁内撰写的。该报告指出：“人们生活在城市里，会有新的社会渴望，女性有更强大的力量，性别关系也发生变化，社会关系在发生改善，并且配置了更优质的生育保健服务，这些都会降低生育率。”在村子

里，每多生一个小孩都是新增的资产，但是在城市的贫民窟里，每新增一个小孩都是一个负担。因此，搬到城镇里的妇女会关注教育以及为自己寻找机会，同时她们也会少生优生。

这就是城市化破解人口爆炸之道。

*

这里有一个奇妙的数字：2.1。假如地球上每一位妇女都生育2.1个孩子，那么人口增长的速度就会变成0；人口既不增也不减。（之所以是2.1而不是2，是因为有些孩子在没有到达生育年龄的时候就已经夭折了。）当生育率大于2.1的时候，人口就会呈指数性增长，而当这个数值小于2.1的时候，人口就会呈指数性下降。复利息的机制在这里表现明显：孩子越少，她们生育的孩子就更少，她们的孩子的孩子也会生育更少的孩子。

有人说，人口结构是一种命运。人人都经历出生、迁徙以及死亡的过程。而这三者的统计学分布则定义了我们这个世界。

未来的50年，也许会是人类历史上人口结构转变最大的50年。有许许多多人的生活正在发生巨大的改变。我们在自己的有生之年，就见证了地球人口翻一番的奇迹（1962年地球人口是33亿，到2007年，地球人口达到了66亿）；与此同时，我们发现这将会是最后一次出现这样的人口翻番的奇迹。现在各地的生育率都在下降，并且比预期的下降速度要快得多，下降的幅度也远远大于预期。人们当时认为，生育率下降到2.1的时候就不会再下降了，但是在大多数地区，下降的趋势依然强劲，并且可能不会见到谷底。另一方面，已经出生的这些人以及他们的孩子将会在21世纪中叶的时候让地球人口总数达到峰值，而后就迅速地下降。

这样的峰值会有多高？2008年联合国发表的中期预估认为峰值可以达到90亿，但是这一数字是基于一个假设，那就是发展中国家的生育率会因为某种原因而增加。但是这好像不大可能。我认为更有可能的峰值是80亿，之后就会出现一个急降，甚至会成为一场危机。

对于任何一位选择不生育的妇女，就需要有另外一位妇女生育4.2个孩子，才能让人口保持不变，但这不会发生。遗传学家威廉·哈兹尔廷（William Haseltine）非常严肃地说："这里有一个很奇特的现象，并且好像任何文化都是这样：一旦妇女获得了经济上的独立，她们就不再去生育孩子了。"在大多数情况下，只要经济独立就会使得这样的事情发生，而这正是人们迁往城市后会发生的事情。

因为城市化现在主要是在发展中国家发展得最为迅速，那里的生育率下降速度将会是最大的，也就意味着那些国家的老龄化速度也是最快的，虽然其后果可能短期内不容易被觉察到。墨西哥的生育率已经从20世纪70年代的6.5下降到2008年的2，并且仍在下降。菲利普·朗曼认为，到21世纪中叶，"青年在墨西哥人口中的比例将会低于美国"。另外，在中东和印度，因为生育率下降得非常迅速，那里的老龄化速度是美国的3倍。在全国实行计划生育政策的中国，其当前的生育率为1.73，正在走向人口结构老化。因为到了2020年，中国的劳动力供应将会严重缩小，并且其国民的人均年龄将会大于美国国民的人均年龄。到21世纪中叶，中国很容易就会随着世代的更替，每一代人老去，都会让这个国家的人口总数减少20%~30%。甚至是现在，已经有很多中国家庭在抱怨4∶2∶1现象，每一位年轻人都需要同时照顾他们正在变老的父母以及他们父母的父母。朗曼认为，这样一种趋势将导致发展中国家会未变富先变老，而这本身又会成为一个贫困的陷阱。

*

那些先变富后变老的国家现在也遇到了越来越多的问题。在那些早已完成城市化进程的国家里，平均生育率为1.56，有些地方甚至下

降到1.2。这是能够使人口灭绝的一个数字。可以十分肯定的是，到2050年，俄罗斯、日本、韩国、意大利、西班牙以及德国，其国民人数将会少于现在的水平，但是到了那个时候，这些国家的国民大多数将会成为老人：不再具备生育能力，也不再是处于可以高效生产财富的年龄，并且可能只有很少甚至没有孩子来照料他们，而整个国民经济会因为缺乏年轻人而走向崩溃。

朗曼指出，在意大利，由于其生育率已经低至1.2，到了21世纪中叶，“该国六成新出生的孩子都不会有兄弟姐妹或者叔伯亲戚，只有父母、祖父母，也许还包括曾祖父母”。意大利人现在不养孩子了，他们养宠物，在所有发达国家都会看到这样的现象。

日本是怎么在经历了惊人的增长之后在20世纪80年代进入持久的衰退期呢？朗曼对圣弗朗西斯科的观众说：

> 在20世纪80年代，日本的经济一直蓬勃发展，因为那时生育率还足以让劳动者的人数保持增长……而日本的经济衰退就发生在其适龄劳动者人数开始衰减的时候。

日本并不欢迎移民，因此它面临着最大的老龄化问题。我们在GBN预计，日本传统的解决劳动力不足的办法现在依然有效，那就是利用高度精密的机器和机器人来照料日本的老人，这样的机器人也将慢慢地传播到其他的发达国家。

而人口前景最让人担忧的则是俄罗斯。那里的生育率仅仅为1.14，俄罗斯的女性平均每人会堕胎7次。GBN的一位人口结构专家在他于2008年写的一份报告中提到：历史上从没有出现过一个国家的人口同时在老化并且在衰减的，而这一现象正发生在今天的俄罗斯，并且预示着这个国家的衰亡：

生态学上的例证表明，这样的一种人口增长趋势将会导致一个死亡的螺旋，并且是不可逆转的。俄罗斯在20世纪90年代进入这一“人口衰老与衰减”同步发生的时期，促发这一现象的原因包括：经济的崩溃，人们通过静脉注射毒品导致艾滋病病毒传染增加，大范围的环境污染，以及非常糟糕的个人保健习惯。在俄罗斯，从15岁到64岁的每一个年龄段里的成年男性死亡率在苏联解体之后上升了40%。

*

环保人士有各种理由感到欣慰，因为人口爆炸被消除了，并且人类对自然环境（包括大气层）的破坏将会随之急速下降。巴西现在的生育率为每个妇女生育1.3个孩子，这将会是对热带雨林最好的保护。而那样的生育率将会使得该国人口在45年后减半，并且在之后的45年里继续减半。也就是说，每个人平均可以获得的资源将会增加，这对于个人或者是对资源都是好事。但是从另一方面讲，这也将意味着持久性的经济危机，人们不会有金钱或者是注意力去担当起负责任的管家，并且战争爆发的可能性会上升，而战争对环境会带来致命破坏。

我认为，一个理性的人口政策，应当关注如何应对人口缩减所带来的影响。环保人士在早期就提出人口问题的重要性，并且采取行动进行教育、推行生育控制的方法，以及鼓励经济发展从而在全球范围内降低了人口出生率，他们的这些努力是值得称赞的。而且，我们还应该对埃利希表示敬意，是他讲出了史上最伟大的弄巧成拙的预言之一。现在该是进行跟进的时候了，我们需要一个细微的转变。21世纪最有效的环境人口项目是有稍许倾向于鼓励生育的。

但是，没有人知道这样的做法是否在其他国家也行得通。在欧洲，过去40年里，人口生育率一直呈下降趋势，有没有办法改变这一局面呢？教皇本笃在2006年的时候就曾抱怨过：“孩子本来应该是我

们的未来，但现在人们却把孩子当成是当下的一种负担。”政府已尝试推行各种政策去鼓励人们多生。澳大利亚政府有一个三胎政策——一个是为了父亲，一个是为了母亲，一个是为了祖国。但是，澳大利亚的生育率依然停滞在1.8。新加坡的生育政策则从“最多两个”改为“假如你有能力，不妨生三个或者更多”，但是该国则是全球生育率最低的国家之一，生育率仅仅为1.04。所有发达国家现在都面临着婴儿匮乏的困境，并且将因此使经济走下坡路，只有两个国家例外。

在发达国家当中，美国和法国是生育率最高的国家，但仍略低于人口更替水平。美国主要是因为有赖于外来移民以及信教人士。第一代移民都有很强的家庭观念，并且，他们的家族通常规模很大。（不过这一局面很快会发生改变，因为移民输出国很多都开始走向老龄化，不再输出年轻人。）另外，美国有很多非常虔诚的宗教信徒，他们宁愿相信上帝说的多子多福的话，也不愿正视养育多个孩子给家庭带来的沉重经济负担和机会成本。

法国的做法是推行社会主义式的政策。每一位产妇都会获得接近全薪的带薪产假，对于第三胎可以获得40个星期的休假时间，并且，产妇的雇主要保留产妇的工作。甚至，做父亲的也有作为父亲而享有的带薪休假。抚育孩子是免费的，托儿所是免费的，那些生得多的家庭还可以获得政府的税收优惠以及免费的公共交通补贴。生第三个孩子的家庭，家长每个月可以从政府获得1500美元的补贴，可以连续领取一年。法国的出生率从2005年的1.92上升到了2007年的1.98。

*

接下来的30年，全球将在人口结构方面发生巨大的分裂：在北半球，你看到的都是老城市以及老人；而在南半球，则会看到新城市和年轻人。在北半球将会出现缓慢的经济增长，然后是经济停滞乃至衰退；而在南半球则可以看到经济发展的新机遇。2009年以前，所有人都对中国年均10%的经济增长表示惊叹，但是印度同期有8%的经济增

长，而不再是单纯出售香蕉的非洲则有7%的年均经济增长，增长的龙头是南非。2007年，美国经济增长了2.2%，法国经济增长了1.8%，日本经济增长了1.9%。我们可以静观哪个国家在经历了2009年的金融危机之后会最先而且最快地恢复过来。

南半球正在进入人口红利期。新出生的数百万年轻人就生活在城市，他们的父母选择在城市里生下他们，就是为了要在养更少孩子的同时获得更多的机会，他们基本上都是在工作的年龄，没有太多小孩或者老人需要照顾。本·瓦滕伯格（Ben Wattenberg）在他2004年写的一本书《更少》（*Fewer*）中写道，那些生育率偏低或者生育率在下降的贫穷国家，正在比发达国家更快地变得富裕起来。2006年的一份联合国报告说：“我们生活在一个年轻的世界。全球接近一半的人口小于24岁……有85%的15到24周岁的已达到工作年龄的年轻人，生活在发展中国家。”

北半球正在减速，而南半球正在加速。创新源于年轻人，正如科技分析家克莱·舍基（Clay Shirky）所指出的：“年轻人（在创新方面）更有优势，是因为他们不需花时间来忘掉那些已经失去意义的东西。”不过，年轻人同时也是暴力和犯罪的主要施行者和受害者，并且，军队、民兵部队以及游击队的成员大多也是年轻人。

人口结构变化与气候变化之间将发生怎样的冲突呢？如果人口数量不断下降的话，就可以把它看作适应气候变化的一个做法。随着地球可承载能力下降，人口数量下降速度会变得更快，甚至我们可以预估到一点：我们不是相互残杀，我们只是生得更少一些，我们选择更低的出生率而不是更高的死亡率。

这在很大程度上取决于北半球的人怎么看待南半球，以及南半球的人怎么看待他们自身。发展中国家的居民是最容易受到气候变暖所带来的负面影响的，包括海平面上升、极端天气的出现，特别是干旱。很多生活在北半球的人会有一种无视气候变暖趋势的心理，他们

认为这样的事件与他们不相干，但实际上他们应当把这些事件看作他们未来即将面临的类似事件的先兆。同样，生活在南半球的一些人会选择扮演受害者的角色，他们把矛头都指向浪费、贪婪、殖民主义以及过度排放二氧化碳的北半球居民。

更值得期待的一种结果是，走向城市化的南半球的年轻人发明出他们自己应对气候变化的方法，并且最好是和北半球的人合作。有很多种应对气候变暖的办法可能是在南半球产生，而且最后可以在全球范围内获得推广。

*

贫民窟居民的一些生活方式已经给其他地方的人带来了关于可持续发展方面的启发。未来应该还会有更多这样的案例。我就举一个离我自己最近的例子吧。过去两年，我都在研究和欣赏世界各地的贫民窟，却没有想到，原来我自己就生活在一个与此类似的地方。

“二战”时，美国使用的自由轮就是在加利福尼亚的索萨利托生产的，1944年产量高峰的时候可以每天生产一艘。战争结束后，从前的船坞就差不多成了一个法律以外的地区，而流氓也搬进来了，准确地说是漂进来了。慢慢地，在20世纪50年代和60年代期间，这个废弃之地出现了浮动的房子、被遗弃的船只、可以用作居所的雕塑，这些都被艺术家、在海上作业的工人以及其他有胆量但没有金钱的人所占据。

有时候会有一个仁慈的房东过来收收房租，并且保护这个社区，使之免遭政府人士的骚扰。人们从岸上通过接驳起来的电线偷电，而用水则通过花园的水龙头获得。人们把垃圾扔在湾里，每次退潮的时候，堆积起来的垃圾都会发出臭味。那里有一些毒品交易，有时甚至还会发生谋杀案。那里有一些妓女，还有一家时装店，一个时装展区（都是些回收利用的衣服），好几支摇滚乐队以及一个剧团——天线

剧团，并且它还在世界上享有盛名。从1973年开始到现在，我一直住在那里，经历了所有这一切。

过去，海岸警卫队和乡村警察会试着去拖走那些船屋。索萨利托市政厅也曾发出行政指令，将会在清晨拆迁这块居住地。由民间环保人士、湾区保护与发展委员会联合创立的一个归属于州政府的机构宣称人们居住的船屋是非法的“港湾填充物”，并且在过去35年里坚持不懈地要赶走它们。而住在那里的人们则聘请了律师来帮他们打官司，他们不但活下来了，而且还在成长，并且逐渐变得更加绅士化。

索萨利托的400多艘住人的拖船现在大多数都已经合法化了，他们要交租金，并且还跟城市里的基础设施连接上，因此，现在那里的泥土闻上去也有了泥土的味道。有些游客会在甲板上踱步，欣赏我们丰富多彩的生活。很有可能你从安妮·拉莫特（Annie Lamott）、艾伦·沃茨（Alan Watts）、保罗·霍肯（Paul Hawken）或者绿色建筑师西姆·范·德·赖恩（Sim Van Der Ryn）等人的文章，或者是从谢尔·西尔弗斯坦（Shel Silverstein）、菲尔·弗兰克（Phil Frank）等人的漫画，或者是奥蒂斯·雷丁（Otis Redding）在甲板上的表演，或者是“天线剧团”的演出那里，甚或是在伊莎贝拉·柯克兰（Isabella Kirkland）的生物绘画那里，以及在任何一个被新城市主义所影响的城镇那里——接触到类似索萨利托这片近水地区的那种创意生活。这里最后提到的是我自己经历的案例。

*

1983年，当建筑师彼得·卡尔索普（Peter Calthorpe）尝试动员本地社区失败之后，他决定放弃圣弗朗西斯科，搬到了我居住的南四十码头上，住进了一艘船屋。他发现那里是加州最为密集的居住区，并且没有人会锁门，甚至大多数的门都没有锁。不用身处其中，都会感到那里是一个热情且令人自豪的社区。当卡尔索普尝试寻找是什么原因导致这一社区如此活跃时，他发现正是码头本身以及人口的高度

密集，使得这里变得如此丰富。住在这里的49户人家每天都会走路经过其他人的门口，到岸边的停车场，又从那里回来。每个人都熟悉其他人的面孔、声音，甚至是别人养的猫。卡尔索普得出这样一个结论，正因为这里是可以步行的，所以造就了这样一个社区。

基于这样一个观察，卡尔索普创立了新城市主义，其他几位创始人分别是安德烈斯·杜安尼（Andrés Duany）、伊丽莎白·普莱特-齐伯克（Elizabeth Plater-Zyberk）等。1985年，他在一篇发表于《全球概览》的文章《重新定义城市》（*Whole Earth Review*）里提出了“步行的可行性”这一概念。从那时起，新城市主义就成了城市规划里的一个占主导角色的力量，他们力推高密度、混合使用、步行、公共交通、不拘一格的设计以及区域化的设计理念。其主要的灵感来源之一就是棚户区。

棚户区还派生出其他很多的创意。例如，商业区的街道设计可以更像棚户区的街道，同时有零售和服务的存在——可以在卖衣服和水果的摊子中间有一两个移动理发摊或饮料摊。巴西库里提巴市市长雅伊梅·莱纳（Jaime Lerner）说：“晚上6点钟以后，要允许小贩占据城市里的闹市区，因为那样可以给城市带来活力。”环视全球，有数以千计的棚户区，居住在那里的人口总计有10亿，他们当中大多数是年轻人，并且都在尝试一些不受法律或传统约束的东西。

棚户区是绿色的。那里有最大的密集度。例如，在孟买，每平方英里就居住着100万人。同时，棚户区所消耗的能源以及物料又是最少的。居住在那里的人们会通过步行、骑自行车、坐人力车或者本地的私营小巴（这些在各地有不同的名字，在肯尼亚叫马踏途，在坦桑尼亚叫达拉达拉，在加纳叫途罗途罗，在菲律宾叫吉普尼，在泰国叫突突，在海地叫踏踏，在罗马尼亚叫马斯的士）等方式出行。（棚户区也不是所有东西都是最有效的。例如，在巴西的贫民窟里，居民直接

从电网偷电，由于这样用电不需交电费；诺基亚的研究员简·奇普蔡斯发现，居民会一整天都开着灯不关。）

在大多数棚户区里，废品回收就是他们的生活习惯之一。孟买的达拉维贫民区有4000个废品回收站以及30000名拾荒者，这些拾荒者每天都会从平均6000吨的垃圾里寻找他们需要的宝贝。《经济学人》有文章报道说："拾荒者横扫河内街头，寻觅有用之物，就像马普托街头的小鸡从垃圾堆里觅食一样。在亚洲以及拉丁美洲的每一座城市，都有人以回收旧的包装盒为生，并形成产业。"还有人对此做过调查，写了一本书《地球清道夫》（*The World's Scavengers*，2007），作者是马丁·梅迪纳（Martin Medina）。尼日利亚的拉各斯被称为地球上最混乱的城市，但那里每个月的最后一个星期六都会举办一次环境日，从上午7点到10点，所有人都不允许开车，大家就利用这段时间来清理整个城市——包括棚户区。

*

卡尔索普在他发表于1985年的文章里提出了"步行的可行性"的观点，这一观点至今依然令不少人觉得惊讶："城市是对环境破坏最少的人居形态。比起居住在密度更低的地区的居民，城市居民人均消耗的土地、能源、水都更少，他们所排放的污染也更少。"2004年的《纽约客》杂志曾发表了戴维·欧文（David Owen）撰写的一篇文章《绿色曼哈顿》（*Green Manhattan*），这个标题本身就颇具火药味。作者写道：

> 哪怕按照最严格的标准来衡量，纽约都是全美最绿的一个城市，也是全球范围内最绿的城市之一……而纽约能做到这一点，关键在于它的高度密集性。曼哈顿的密集程度是全国平均水平的800倍以上。当你把150万人放到一个只有23平方英里大小的岛

上，实际上你就降低了他们浪费的可能，并且只会使得大多数人居住在全球能效最高的住宅建筑里，也就是公寓楼里。

但城市的生态足迹呢？在1996年出版的《我们的生态足迹》[*Our Ecological Footprint*，作者是马蒂斯·瓦克纳格尔（Mathis Wackernagel）和威廉·里斯（William Rees）]一书中，提出了要按照概念面积来计算环境影响的想法，此举意在衡量诸如城市这样的大型系统的资源利用有效性，同时也是对城市扩张的一种谴责。这一概念成功地使许多城市采取了一些有利于环境的措施，但我们尚未见到对于农村的类似对比研究，那里的人均环境影响要比城市大得多。此外我们也还没有看到对城市棚户区所做的类似调查，我相信那里的生态足迹一定最小。

高密度的城市使得半数的地球人口可以生活在2.8%的陆地面积上。不久后，这一数字将变为80%的人口居住在3%的陆地上。我们不妨考虑基础设施的有效性。2004年发布的一份联合国报告称："城市里由于人口以及商业的集中，使得人们可以大大降低单位用水、排污、道路、电力、垃圾回收、交通、医疗以及建学校的费用。"在发达国家，城市是绿色的，因为城市可以降低能源消耗。而在发展中国家，城市之所以是绿色的，是因为它可以吸收农村人口，从而降低对农村自然系统的环境压力。

由马克·伦敦（Mark London）和布赖恩·凯利（Brian Kelly）所写的《最后的森林》（*The Last Forest*，2007）就提到了亚马孙森林的现状，并且指出，巴西北部的一个靠政府补助的城市马瑙斯就"回答了我们应如何阻止森林砍伐行为的问题"。答案是给人们好的工作。有了工作，他们就可以买得起房子；有了房子，他们的家庭就有了安全感；有了安全感，他们就会更关注未来。现在有10万人居住在马瑙斯，他们在城里过得很好，他们在从事诸如手机和电视等行业的工作，而不是到森林里去砍树。

*

城市化带来了巨大的机遇，但环保人士尚未捕捉到这一点。我认为有两个行动可以开始了：其一，是保护那些新近荒芜起来的村落；其二，是在城市化过程中最大限度地增加绿色的份额。因为城市任何时候都在变化，要改善城市的绿色状况其实并不困难。

城市会相互学习，这点比任何政党做得都好。那些好的做法会迅速得以传播。市长们也经常出差，他们会去考察全球最为绿色的城市——如冰岛的雷克雅未克、美国俄勒冈州的波特兰、巴西的库里提巴、瑞典的马尔默、加拿大的温哥华、丹麦的哥本哈根、英国的伦敦、美国的圣弗朗西斯科、厄瓜多尔的卡拉克斯湾、澳大利亚的悉尼、西班牙的巴塞罗那、哥伦比亚的波哥大、泰国的曼谷、乌干达的坎帕拉，以及美国得州的奥斯汀。城市生态游也是一个增长中的行业。

要管理好城市生态，我们首先要理解它。我认为，《科学》杂志2008年的一篇文章对这一新生学科的描述非常诱人：

> 我们关于城市生态在不断进化中的理念框架认为，城市是一个多元的、动态的景观，也是复杂的、具有适应性的社会生态系统，这一生态系统当中的生态服务使得社会与生态系统在多个层面得以衔接起来……
>
> 化学环境的改变、不加处理的污染物、简化的地理结构以及被人为变更的城市水体流动状况，其合力形成了一种城市流动“综合征”，表现为低生态多样性、营养高度密集、营养维系能力降低，以及主要生产能力提升……要应对这样的一种综合征，我们也许要放弃恢复原先水体流动的想法，转而去设计一个符合我们愿望的生态系统……要设计一些平衡生态，当地的生态也许会经过大幅度的改造，以使其适合人类使用，这些地方在地理上要合理分布，要有人管理，使得它可以最大限度地增加生物多样

性，同时也能提供经济上的好处，以及生态系统服务。这样一种平衡生态给我们带来了极大的希望，生态学家未来将越来越多地参与到新城市的设计和管理当中，他们也会参与旧城改造工作。

我们从“社会生态系统”以及“平衡生态”这样的杂交概念里可以看到进步的迹象。新兴的都市生态学将把大批生态学博士后带到都市规划的书桌前——不管他们之前研究的是蟑螂防治还是都市疾病的方位分布——他们将帮助城市管理者去细致地聆听和包容自然环境，就像他们聆听和包容人造环境一样。每一个搞环保的组织都应该有一个都市战略，其中一些还应当专注于城市。

贫民窟有一个好的做法值得我们学习和借鉴，那就是都市农耕。《科学》杂志上的另外一篇文章写道：

现在，本地食品运动愈演愈烈，一些专家想借助高科技手段将整个农场从农村搬到城市。他们预计，在不久的将来，城市的大部分食物都可以在城市的高效温室里培育和生长……经过良好设计的都市温室，其用水仅仅为农村田地用水的10%，面积也仅仅为后者的5%……一座30层楼高的都市农庄所生产出来的粮食（包括蔬菜、水果、鸡蛋以及肉类）就可以供应5万人。这样一座大楼的高层楼面可以种植水培作物，而低层的楼面则可以用来养鸡、养鱼，这些动物还可以消化多余的植物残渣。

城市的屋顶可以为节能以及“平衡生态”提供无限可能。在都市屋顶上开辟一个花园，使之形成其自身的生态社区，已经有很多人这么做了。假如你想收获食物，就加一个“高效温室”吧；假如你想储藏一些电能备用，就加几块太阳能板吧。

最简单而回报最大的方法就是把所有东西都变成白色。白色的屋顶可以为屋主节省20%的电力开销。因此，加州政府规定，本州所有的

新建房屋以及翻修的房屋，屋顶必须做成高反射性的颜色。假如你还种上很多树，那就更加降低了城市的“热岛”效应，并且还能减少烟雾。城市大约有1/4的表面积是屋顶，有1/3的表面积是路面，这些都可以用水泥或者在沥青当中混入淡色调使之变白。一个白色的城市会反射太阳光而不是吸收太阳光，这样还可以带来一些气候方面的好处。根据劳伦斯伯克利国家实验室2008年的研究，“假如全球最大的100个城市选择将他们城市的深色屋顶换成浅色，以及将沥青马路换成水泥马路或其他采用浅色原料的马路，这样就可以抵消440亿公吨的温室气体。”我们不妨把这个项目叫作“雪花石膏城市项目”，你可以顺便哼几句《美丽的美国》里的歌词以做支持：“哦，美丽的爱国梦/ 超越年月/ 雪花石膏城市在闪耀/ 不因人们的泪水而黯淡。”

一些环保人士已经成为高密度城市的支持者。塞拉俱乐部的杂志报道说，在温哥华，“市长萨姆·沙利文（Sam Sullivan）的生态密集计划包含了分区政策上的变更，使得‘二级套房’、三联房、狭窄街道上的房拼房都成为可能”。而地产商彼得·卡尔索普（Peter Calthorpe）的“步行友好社区”则成为一个卖楼亮点，凡是可步行的社区都会卖得更好的价钱。要鼓励步行以及多使用公共交通系统的一个行之有效的办法就是对闹市区的汽车征收“交通堵塞税”。2002年，伦敦市继中国香港地区和新加坡之后，也开始对开进市中心的汽车征收每天8英镑的税费。此举一经施行，进出市中心的交通压力大为减缓，市民对交通堵塞的抱怨也随之消失。斯德哥尔摩、圣弗朗西斯科、悉尼以及上海都将会采取类似的措施，还会有更多的城市效仿。

一个随之而来的问题是，当城市中心区的生活成本增加以后，大多数有孩子的家庭会选择搬到城郊去住，那些优质学校也会跟着孩子搬迁到他们居住的地方。而环保人士则可以通过给相关机构施压，让每一个街区都有好的学校、公园、游乐场、木偶剧场以及旋转木马，从而让整个城市变成像巴黎那样的对孩子友善的城市，由此逆转学校往郊区迁移的趋势。彼得·卡尔索普告诉我，他已经成了学校券制度

的支持者，因为这样一种制度使得市区的学校不得不在公开的市场上与其他学校进行竞争，由此得到充分改善，以吸引那些搬到郊区的孩子回来上学。新型的有补贴的人居模式也应当被开拓出来。

基础设施使得城市成为可能，而这些设施本身每隔几十年就应重建一次。基础设施顾问公司艾伦（Booz Allen Hamilton）于2007年发布的一份报告中说："未来25年，我们花在更新城市排水供水、供电以及交通设施上的钱估计要高达40万亿美元。"一个基于环保理念的城市绿色基础设施规划会是怎样的呢？中国目前正在修建170个新的交通系统。而高铁则终于出现在了美国。另外，随着智能电网以及微电网时代的到来，电力输送的模式将被扭转，我们将看到这样的系统未来会有更大的适应性以及更高的效率。

城市会成为气候变化趋势的第一见证者。哥伦比亚大学一篇发表在《科学》杂志的研究结果指出，假如我们以高出海平面30英尺为安全线，全球超过500万的城市里有2/3面对海平面上升以及"气候剧变"，都会变得"特别危险"。一直保护伦敦免受涨潮侵袭的泰晤士河水闸在1986年到1996年间被提高了27次，在1996年到2006年间被提高了66次。有人估计，到2030年，泰晤士河水闸将会被海水淹没。

从缓解气候带来的危害的角度，假如我们专门为城市制作一个"气候足迹"的模板，记录下城市的反照率、植被覆盖率、温室气体、煤烟排放，另一方面也记录城市的零碳能源，例如水电、核电、风电以及太阳能电力——那会是值得一做的事情。跟其他的生态足迹调查一样，这个城市气候足迹研究也应有个时间维度，以方便我们了解城市是在改善还是在倒退。再接着就是适应，我们可以做出"气候图景"的模板，清晰地列明城市应如何应对气候变化所带来的挑战，包括海平面上升、干旱、极端天气和温度变化。城市周围是否有高地？建筑物里是否有空间让人在危急情况下走到高层？本地的水源供

应和农业是否能够应对海水入侵或者干旱（假如是内陆）？假如我们不得不逃离城市，应怎么做？

*

在漫长的历史长河里，发展的城市远非十足的好事。城市集中了犯罪、污染和不公正，但同时城市也是商业、创新、教育和娱乐的集中地。假如说对于搬到城市里的人而言，城市总体是有好处的，那就表现在城市可以提供更多的工作机会。城市可以改变一个人。不管是在贫民窟、写字楼还是在绿树成荫的郊区，进步的趋势都是从乡巴佬到都市化再到大都会化。字典上罗列了大都会所涵盖的一切：多元文化、多种族、全球性、世俗、多旅行、多阅历、非乡村、有文化、有教养、复杂、有魅力、都市味。

城市的腾飞是21世纪头50年最为重要的经济事件。这会带来一些影响，包括对能源和食物供给系统的冲击。很多人正在从烧柴火、烧牛粪走向柴油机并且以此来给电池充电，接着是走向24小时不断电的电网。他们也在食物的阶梯上往上爬：从自给型农业到种植诸如水稻、玉米、小麦、大豆等经济作物再到富含蛋白质的肉类，并且向国际市场拓展。有环保人士尝试去劝农民不要有这么大的野心，但他们的努力就跟他们劝农民不要往城市里跑一样徒劳无功。

农村的生活一去不复返了，除非有灾难性的气候变化把我们赶回那个时代。

关于人口变迁的文献经常提到“明亮的灯光现象”，说正是灯光的诱惑使得人们搬到城市。由于有了军事卫星成像技术，我们可以从太空中看到这些灯光了。我们看到夜晚的地球，在近几十年里，在各个大陆上都洒满了闪亮的灯光，在大都会里则最为闪亮，在不同的大都会之间则可以看到被交通线点亮的灯光纹理。这些灯光所编织成的

网络显示着一个信息：这不仅是一个充满活力的星球，而且是一个文明的星球。

到底是什么力量可以点亮这么多的灯光？

有关本章节的更新、附带资料以及插图，请见链接http://discipline.longnow.org/。

---

1. SIM卡，是Subscriber Identity Module(客户识别模块)的缩写，也称为智能卡、用户身份识别卡，GSM数字移动电话机必须装上此卡方能使用。它在一电脑芯片上存储了数字移动电话客户的信息、加密的密钥以及用户的电话簿等内容，可供GSM网络进行客户身份鉴别，并对客户通话时的语音信息进行加密。——编者注





第四章

核电新篇章

煤是杀手。在所有化石燃料里，煤是唯一可以使得这个地球不适宜人居住的燃料。

——弗雷德·皮尔斯，《新科学家》

关于气候变化，知道得最多的人是最恐惧的。而对于核能源，知道得最多的人则是最不恐惧的。

——见于多个出处

关于气候变化会带来哪些值得担忧的后果，美国环保人士找到的最权威的说法来自美国国家航空航天局的一位权威而且直率的气候学家，他名叫詹姆斯·汉森（James Hansen）。当汉森2007年说，我们绝不能满足于将大气中二氧化碳浓度维持在450ppm，而必须将这一水平从现在的387ppm降至350ppm或更低时，环保主义者有了新的口号：“350！”

可是环保人士根本没有理会汉森关于核电的观点。奥巴马上任之际，汉森给他写了一封公开信，提出如何应对气候危机的一些建议。他写道：“火力发电厂就是死亡工厂。燃煤所排放到大气里的二氧化碳数量是其他化石燃料的总和。”汉森也提到美国需要什么：“从源头上对所有的化石燃料征税，消灭所有的煤炭火力发电厂，以及加紧进行第四代核反应堆发电的研究，并且与国际同行进行合作。”他警告说：“危险的是，一小部分极端环保人士会使得安全核反应堆发电的建设延缓，从而使得我们的用电还是不得不继续依靠燃烧煤炭来满足。而这正是指向灾难的处方。”他在信的末尾重复了这一点：“我们能够完全不用燃煤发电，彻底铲除燃煤发电带来的碳排放，但只要

有一群反核的行动者站出来大声反对此事，我们就无法达到那样的目标。这是我们这个世界面临的最大危险之一。”

其实现今的核能发电产业并没有那么多值得环保人士忧虑的地方，相反，从新建以及待建的一些核电站中，他们可以获得更多。汉森是对的：核电是绿色的，新的核电站更是如此。接下来我就会讲到为什么。

*

对于大多数环保人士而言，核电最容易引起人们的强烈反对。人们会不愿意把足以致命的核废料留给后人来处理。我当初也是这么想的，直到2002年的某一天。那天我去了尤卡山，正是那一次走访改变了我对核电的看法。我会详细地描写这一过程，因为这是在窥探一个在大多数人的认知地图上属于“未曾被探索过”的区域，你会看到两个人是如何改变他们对核电的看法以及一个组织如何改变对自身的看法。

自从内华达州的尤卡山核废料存储库于1978年启动以来，这一位于拉斯韦加斯西北100公里的地方就成为美国政治角力的风口浪尖。这里存放着“用过的核燃料以及其他高辐射性的废料”。这与今日永存基金会2002年那次到访该地没有任何关系，我们那一次只是想去看看内华达山的一个山洞是怎么样的。

今日永存基金会的标志性项目（其他项目都是围绕这个项目派生出来的）是一座宏大的万年钟，它将会被安置于内华达州东部的一块山地里，我们希望它会成为一个标志，正如我们所说的，“使得人们可以自动而且经常地想长远问题，而非只是偶尔而且很困难地去想这些问题”。我们当时在想，山里什么样的地方适合放置这样一座钟，特别是在一个沙漠里的大山？我们想尤卡山也许可以给我们一些启发，并且我们确实获得了启发——又长又直的圆柱形通道是很无聊

的，25英尺高的顶部也是很无聊的，但低于10英尺的任何一个距离都是很舒服的，并且任何高于35英尺的东西都是很让人惊叹的。

我们从尤卡山得到的最重要的一个教训正好向今日永存基金会的核心价值发出了挑战。我们感到尤卡山有一种病态的东西，而这样的病态正是来自其所标榜的长线思考以及关注未来一万年这样的思维。

那一次跟我们坐在同一辆汽车上的有万年钟的设计师丹尼·希利斯以及GBN的联合创办人彼得·施瓦茨。我在游记上写道：

> 在山洞的入口，那里有一个导览视频，警示着我们不要随便踩到什么东西上面，还告诉人们怎么用救生呼吸器。丹尼·希利斯说，美国职业安全与健康管理局就有明文规定，工人必须戴上这个才能下井，以预防突发的矿井火灾。而在隧道入口那里停着两辆全新的救护车，好像是要发出“这里绝对安全”的信息。
>
> 我们听完安全警示之后就乘坐着一列喧闹的火车到山洞里1.5英里的地方，整个隧道像激光一般笔直，而且隧道的直径高达25英尺。整个回形隧道有5英里长。有很多东西需要从这个山洞里转移出来，现在仅仅是完成了部分测试性的转移。我们下了火车，去到其中一个测试的地方，那里的工程人员正在测试高温和急冻对于当地岩石以及水流的影响：他们先是对山洞进行连续4年的高温加热，模拟核废料存放于其间的情景；而后是连续4年将山洞冷却下来，这个过程就是对未来1000年即将发生的核废料处理的一个模拟。
>
> 那天晚上吃晚饭的时候，大家一起讨论了参观尤卡山之后的一些想法。我们都对政府在这个地下通道上已经花费的80亿到160亿美元（具体哪个数字更准确就看你怎么来计算）的投资表示惊讶。其中大部分的钱是花在测试上，那些测试旨在告诉民众，那些储存在地底的废料在未来一万年内都是安全的。这可是一笔相当大的开支，并且是基于20世纪50年代的思想，从根本上来说是

一个政治行为，旨在让那些对科学不了解的批判者相信他们的决定而不发表质疑的声音。

彼得·施瓦茨则打赌说，假如到时核废料真的是被存放到这座大山里头（这件事有50%的可能性会发生），那么50到100年之后我们就会重新把那些废料取出来用作新的能源。

我提出说，正是一万年这样的一个思考维度让很多人变得疯狂起来，而这正好对今日永存基金会的基本假设提出了挑战。我们会问自己：假如我们今日永存基金会要处理这个核废料存放的问题，我们会怎么做？丹尼说："我会在地下挖同样一个洞，并且只需花费几百万美元的成本，并且告诉人们说我们只会把核废料放在那里几百年的时间，而与此同时我们又着手去寻找如何完全处理这些废料的办法。"

我们意识到，尤卡山的这个案例正是一味追求长期思考，并错误地以为我们现在可以为将来一万年的人们做抉择，最终导致愚蠢决策的一个经典案例。而今日永存基金会要做的恰恰与此相反：我们所提倡的长线思考是我们看到了正在发生的一系列事件，并在此基础上设计出一些可以帮助我们变得具有适应性的方案，并且随着时间的推移不断地保护和增加我们的选项。

后来我越是想到环保人士那种典型的反核举动——过去很多年里我就是这么做的，就越是觉得那样的做法很愚蠢。他们通常会说："你必须保证核废料里的放射性物质在未来至少一万年时间里是可以得到完全封存的（哦，不，应该是10万年；不，应该是100万年），假如你不能保证这一点，那就不能修建核电站。"为什么呢？"因为任何强度的核辐射都会伤害人类以及其他的生物，甚至还会渗入地下水。"

这里说的是怎么样的人类呢？好像他们的一个假设是，未来的人类会和今天的人类一模一样，甚至也继承我们今天的忧虑，拥有我们

今天的技术。假如我们考虑一下200年以后的人类呢？假如人类以及科技在未来还会得到发展，那时候的人类跟现在比起来将会变得无法想象的强大，那时候的人类会有更值得他们担心的东西，而不是去担心极其容易检测得到并且极其容易得到处理的核辐射。而假如我们200年后回到了石器时代，偶尔遇到一些核辐射也不会成为最值得我们关心的问题。假如我们想象一下2000年以后或者是一万年以后，那时问题不是变得更加棘手，而是慢慢就消失了。

我们这次到尤卡山的参观也让今日永存基金会的另外一位董事会成员从反核转向支持核电。他就是彼得·施瓦茨，他是一位能源专家，并且同时也担任艾默里·洛文斯的洛基山研究所的董事会成员，彼得后来变得非常积极地提倡要复兴核电。他和洛文斯之间还因为关于这个问题的争论而差点儿导致朋友关系破裂。

*

我们从尤卡山回来后一年，GBN受加拿大核废料管理组织邀请，为他们做一个情景规划的研讨会，其实就是跟他们开一系列的会议，探讨加拿大应该如何处理其22座CANDU［加拿大重水铀反应堆（Canadian Deuterium Uranium）］核反应堆里的废料问题。其中一个选择是把这些废料放到加拿大地盾的古老而且稳固的岩床里去，然后忘记它。另外一个选择是把废料存放在反应堆所在地的一些干燥的箱子里。还有另外一个选择是建造类似尤卡山那样的一个地方，将其存放于地下，但可以重新提取出来。在那次的研讨会上，我讲述了我们在尤卡山的经历。参加研讨会的还有一些印第安人（他们的部落在加拿大被称为“第一国家”），他们则建议可以采用为身后“七代人”着想的思路，易洛魁联盟一直以来都是这么做的。假如我们以25年这个标准年份算作一代人的话，那就意味着我们需要为未来的175年去考虑核废料的问题。

经过在加拿大全国80个地方的会议之后，他们的核废料处理政策浮现出来了。而这一政策是基于“对后代的尊重：我们不应当预估未来人们的需求或能力。与其以一种家长式的做法来干预，我们应当把如何处理这些核废料的选择交给后人”。为此，加拿大还制订了一个“适应性周期管理”计划，计划规定，用过的核燃料需要放置于反应堆现场的干湿两种储存设备里，同时，他们还会建造一个“短期”的地下集中存放点，并且设计成容易提取的结构。之后才是在山地里挖一个深邃的洞进行永久保存。未来的加拿大人也可以对此计划的每一个步骤发表他们的意见，但我们没有提及一万年储存的想法。不过，这份报告确实提到：“经过175年之后，核废料的辐射能力下降到其刚从反应堆里被取出来时的1/1000000000。”核废料就有这样一个有趣的特征，它会随着时间的推移而丧失毒性，而不像很多化学废料例如水银那样毒性一直不减。

我逐渐发现，我关于核电的态度发生了两方面的变化。核废料的处置问题不再是那种看似宇宙级的难题了，而核电这种零碳的发电方式则有望成为应对气候变化的一个主要解决方法。我对核电的态度已经从反对转为支持了。现在我问自己的问题是，为什么这个过程会需要那么长的时间？很多年前我就可以去了解核电的真相啊，假如当年我不是那么懒惰的话。

格威妮丝·克雷文斯（Gwyneth Cravens）是一位小说作家，《纽约客》的前任编辑，她就真的做了这件事。1980年，在她和其他一些活动家的干预下，位于长岛的耗资60亿美元的肖勒姆核电工厂在未曾运营之前就被勒令关闭。这一事件令美国的核电业界大为受惊，乃至走向停顿。20世纪90年代的时候，她开始听到相反的声音，那是一位来自核电行业，专门关注核安全的科学家给她讲的故事。这位科学家名叫里普·安德森（Rip Anderson），她在位于阿尔伯克基的桑迪亚国家实验室工作。出于新闻人的触觉，格威妮丝决定要跟随安德森去探访美国的核电工业，并且将过程写成了一本书，名为《拯救世界的

能量：关于核电的真相》（*Power to Save the World: The Truth About Nuclear Energy*），这本书于2007年出版。

我问格威妮丝是什么使得她最终改变了对核电的看法。她说：“两样东西，基荷电力以及生态足迹。”

她在书里解释道：“所谓基荷电力，就是指能够满足数百万用户用电需要而提供的稳定、连贯、昼夜不停、无论刮风下雨都能满足人们所需的最低额度的电力。”基荷电力是电网的基础。截至目前，它基本上只有三种来源：化石燃料、水力以及核能。世界上有2/3的电力供应都是来自燃烧化石燃料（主要是煤炭）得到的。而属于绿色能源的就只有水电以及核电，它们分别占16%。（在美国，有71%的电力来源是煤炭和天然气，6.5%来自水电，20%来自核电。）

城市是需要电网的，也就意味着要有基荷电力。随着城市的发展以及未来几十年里将有数十亿人爬着能源的阶梯走出贫困，到21世纪中叶，将需要更多的基荷电力。假如气候是主要的绿色威胁的话，那么城市将是一个主要的绿色福利，而核电看上去更是有双重的绿色意义。

风能以及太阳能虽然都非常好，但是都不能作为基荷电力，因为它们都是间断性的——只有当有风或者有太阳的时候才能发电。假如有一些大规模的电力储存装置建起来的话，它们还是可以作为基荷电力的，但目前没有那些电力储存装置，它们就只能充当配角，通常是作为火力发电的配角。（假如是基于太空的太阳能发电，则可以直接作为基荷电力，可以通过微波将太空中收集的太阳能传输到地面的天线上。太空中的太阳光强度是地面强度的3倍，并且它总是在那里。同时，地球空间轨道上的太阳能板接受太阳能照射的程度是你家屋顶的太阳能板的3倍，因此合起来就是9倍的好处。不过要将电力从太空输送到地面是需要花费很大的成本的。但日本已经在计划修建一个1000

兆瓦的太空太阳能发电装置，另外，加州一家电力公司也声称到2016年，他们会有一个位于太空中的容量为200兆瓦的太阳能发电厂。）

*

讲到生态足迹，格威妮丝说："一座可以生产1000兆瓦的核电厂要占用1/3平方英里的土地。而一个风力发电厂则需要占用200平方英里的土地才能发同等的电，太阳能发电厂则需要占50平方英里土地。"而这还仅仅是土地占用方面的足迹。（顺便提一下，1000兆瓦等于1吉瓦，也就是10亿瓦，后面的篇幅里我将主要用这个单位。）

更有趣的是煤炭发电以及核能发电所产生的废料之间的危险度对比。里普·安德森告诉我，核电厂的废料在体积上是微小的，假如一个人一生所需的电力都是用核电供应的话，累积产生的废料也才够装满一个可乐罐。相比之下，燃煤发电带来的废料则是巨大的——供应等量的电力，将会产生68吨的固体废物以及77吨的二氧化碳。核废料通常会被放进干燥的储存桶里进行存放，所有的核废料会被放到一小块地方，在本地有人进行监控。你任何时候都可以了解到正在发生什么事情。一个发电能力为1吉瓦的核电厂需要20吨的燃料，这些会转换为20吨的废料，并且由于它们非常浓缩，可以被装进两个干燥的储存桶里去，每个都是高18英尺，直径为10英尺的圆桶。

与之相比，一个发电能力为1吉瓦的火力发电站每年需要燃烧300万吨的燃料，并且产生700万吨二氧化碳，并且，二氧化碳马上会被排放到大气中，也没有人能够控制，没有人知道这些气体会带来什么影响。这还没有算因为燃煤而产生的粉煤灰以及烟气——它们都是全球最大的放射性物质输出来源，这些气体里包含了大量的重金属，包括铅、砷以及大量的汞，可以导致人神经中毒，并且已经渗透到食物链里，甚至医生都建议孕妇不要吃野生的鱼和贝类。据估计，每年因为燃煤产生的空气污染而致死的个案，在美国有3万例，在中国有35万例。

假如比较它们的整个生命周期，并且把这个生命周期里会产生的所有温室气体排放量算上的话，2000年由国际原子能机构发布的一份调查结果显示，生产1千瓦时的电，核电的碳排放量与水电以及风电的碳排放量差不多，是太阳能发电碳排放量的一半，是“洁净煤”技术（假如真的有的话）的1/6，是天然气的1/10，是煤炭发电的1/27（按照目前的燃烧方法计算）。

*

基荷电力、生态足迹，还要加上能源组合——因为气候变化确实是非常严重的一个问题，我们需要同时做所有该做的事情，以最大限度地避免危机。第一个关于能源组合的全面论述来自工程师罗伯特·索科洛（Robert Socolow）以及生态学家斯蒂芬·帕卡拉（Stephen Pacala）。《科学》杂志在2004年刊登了他们的论文《气候稳定的楔子：利用现有技术来解决未来50年的气候问题》（*Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies*）。这篇论文介绍了如何利用一系列我们现有的技术和实践方法来降低温室气体排放量，这些技术和实践方法被称作“气候稳定的楔子”。但文章指出，只有从昨天开始就努力地推行所有这些技术，我们才有可能达到目的。

这篇论文提到了7种可以降低碳排放量的方法：提高能源使用效率、推广可替代能源、停止砍伐森林以及翻耕式的农作、能源转换（从煤炭转换为天然气，石油转换为热泵等），以及使用核电。假如我们在未来50年内将现在全球范围内的700吉瓦的核电发电量增3倍，就可以从现在开始每年减少10亿吨碳排放量，到这一阶段结束的时候减少250亿吨的碳排放量。（2008年，全球碳排放量超过了70亿吨，并且还在飞速上升。假如我们将索科洛的碳排放量转换为二氧化碳排放量的话，也就是需要乘以3.67，因此70亿吨的碳就等于257亿吨的二氧化碳。）以这样快的速度来增加我们的核电发电能力，其实并没有什

么了不起的。索科洛和帕卡拉的这篇论文指出，假如我们在全球范围内继续按从1975年到1990年间的速度增加核电站的话，再坚持做50年，那么我们就可以拿核电作为其中一个楔子。

阿尔·戈尔（Al Gore）关于气候变化的影片《不可忽视的真相》（*An Inconvenient Truth*），就展现了索科洛这个图表的其中6个楔子，唯独核能被摒弃了。

*

在所有这些楔子当中，有效利用能源以及保护是排在第一位的，并且总是如此。你可以在最短的时间里以最低的费用获得最多的效果。正如艾默里·洛文斯几十年的实践所明证：节能不需花钱，还会生钱，在任何一个层级上都可以做，包括从个人到全球范围的规划。那些认为环保教育会带来经济损失的人已经被事实所否定了。欧洲人和加州人的人均能源消耗仅为美国人均能源消耗的一半，但他们活得好好的。20世纪70年代的时候，加州州长杰里·布朗（Jerry Brown）启动了一系列的方案，以使该州未来30年内能源消耗量保持在一定范围内，但加州的人均收入增长还是保持了80%的增速，而其他州的能源消耗量则上涨了一半。加州的人均温室气体排放量也仅为其他州人均排放量的一半。

加州是怎么做到这些的？劳伦斯伯克利国家实验室的一位名叫阿瑟·罗森菲尔德（Arthur Rosenfeld）的物理学家经历了1973年的欧佩克石油禁运事件之后，决定转行去研究能源有效利用的问题。在他的游说下，加州开始推行“技术强制”政策（对冰箱和汽车的能源使用效率进行明确的限定）；对建筑物在热能有效利用方面也进行了规定；对太阳能板使用者给予赋税优惠；以及减少电力公司的利润空间，使得类似太平洋燃气电力公司这样的公司突然间产生了在其消费者中间推广能源保护的动力，而非新建更多的发电厂。我的很多朋友都深入参与其中。当我还是州长个人助理的时候，一位《全球概览》

的朋友（休伊·约翰逊）就是当时的资源部部长，另一位朋友（宇航员鲁斯蒂·施韦卡特）则是能源委员会主席，还有两位（西姆·范·德·赖恩，以及彼得·卡尔索普）则分别管理着州建筑师协会办公室和适用技术办公室。

（杰里·布朗今天还在干这个事呢。他于2006年当选加州的总检察长，一上任他就把工作重点放在气候变化上，并且做了几件有创意的事情。其中一个法案是要求加州的所有新项目都必须提交气候影响报告，作为其环境影响报告的一部分。另外一个法案则指出，最大的空气以及大气污染源是那些没有经过规范并且通过燃烧最劣质的燃油来运行的船只，亦称掩体。布朗就成立了一个由美国西海岸的一些律师组成的联盟，他们坚持要求《清洁空气法》要对西海岸地区生效，以使得轮船燃料转换到更为清洁的燃料系统上，例如转换为柴油电力驱动，并且要对他们排出来的废气进行处理——假如他们还想继续在西海岸做生意的话。）

在能源利用率方面的提升，我们已经取得了不少的成绩。1975年至2004年期间，全球能源强度（即每单位GDP所消耗的能源量）降低了32%（其中44%是在美国发生的），还有很大的降低空间。我们的建筑、汽车、基础设施、城市、农场、供电线、轮船、军队以及整个人类文明的架构——对于所有这些我们都可以下更多功夫，以使得其能源浪费降到最低。

但是，虽然提升能源利用率非常重要，但这并不足以代替需要被关闭的火力发电厂，并且也不能通过这样的方式来为正在腾飞的中国、印度、非洲以及拉丁美洲带来电力。于是我们又回到基荷电力上来，我们的选择就是煤炭发电或核电。

*

除了基荷电力、生态足迹和能源组合以外，还有第四个考虑，那就是政府的角色。近些年来，环保人士大都放弃了政府，他们更乐意与国际或本地非政府组织、商业组织以及其他草根组织进行合作。但基础设施则是我们雇用政府来处理的事情，特别是能源方面的基础设施，因为它会涉及无尽的立法、契约、路权、约束、补贴、研究、政府与私营企业的合约以及细致的远见。能源政策是涉及规模、范围、速度的事，需要耐心地跟进，唯有政府才能做到这一切。没有政府的介入，就不会有良好的电网系统。

正是这些理由以及其他一些我即将讲到的理由，让很多著名的环保人士都变成了支持核电人士（出乎我的意料）。有的非常热情地宣扬这一点，有的则勉强地偏向这个立场，有的对此做出了大力的倡导，有的只是私下里做出表态。我们是否能发现这个人群的某些特征以及为什么他们会转为支持核电呢？我想答案是肯定的。

我们先看看詹姆斯·洛夫洛克——盖娅理论的先知——是怎么说的吧。现在盖娅理论本身也差不多成了一种环保宗教。而洛夫洛克于1957年发明的电子捕获检测器则先是使得人们可以测算出杀虫剂用量，并引出了雷切尔·卡森（Rachel Carson）革命性的《寂静的春天》（*Silent Spring*，1962），接着是引发人们去检测环境中的PCB注，再接着是导致科学家发现大气里的氟化物以及其对臭氧层空洞加剧的影响。自从20世纪40年代在医学研究上接触到放射性的同位素之后，洛夫洛克一生都支持核电。1985年，当我第一次跟他见面的时候，他就向我宣传核电，虽然当时我不怎么相信。他于2004年给英国《独立报》写了一篇后来常被引用的文章：

> 无论怎么说，我们都要慎重使用那些可再生能源，但是只有一种立即可以获得的能源是不会导致全球变暖的，那就是核电……人们对核电的恐惧是因为看多了好莱坞风格的描写、来自环保分子的声音以及媒体的报道。这些恐惧是没有依据的，自从

人们1952年开始使用核电以来，它已经被证实是所有能源当中最为安全的……我也是环保人士，但我希望同样投身于环保运动的我的朋友放弃他们反核的错误立场。哪怕他们对核电危险性的担心是正确的（事实不是），但假如核电可以在全球范围内作为主要能源得到应用，其带来的危害也是无足轻重的，但热浪的到来以及海平面上升（将淹没全球所有沿海城市）则会导致不可容忍和致命的后果。我们没有时间来对未来潜在的能源进行实验了——人类文明处于燃眉之急，我们必须使用核电——它是唯一安全、现成的能源。现在就要开始行动，否则我们就会受到愤怒的地球的惩罚。

英国支持核电的民众比例由5%上升到40%。作为对原有政策的修订，英国政府决定要增加10座新的核反应堆，来更换和添加到现有的19座核反应堆当中。这些核反应堆为英国提供了20%的电力。

杰西·奥苏贝尔（Jesse Ausubel）是洛克菲勒大学人类环境项目的主管。他早在1979年的时候就组织了一个关于气候变化的会议。他提出了去碳化的观点，提到过去200年里人类所使用的燃料所需的碳原子数量越来越少，从木头到煤炭到石油到天然气，一直到零碳的水电和核电。2007年，他在《国际核管治、经济及生态》杂志上发表了一篇论文，文章提到：“核电是绿色的，可再生能源不是绿色的。”他得出这一理论是基于生态足迹分析。他写道：“作为环保人士，我非常重视保护土地，把土地留给自然……假如我们看每平方米所产生的电力，核电相比其他竞争对手有巨大的优势。”要提供1吉瓦的电力，假如是核电，需要150平方千米的土地（58平方英里）；假如是风电，则需要770平方千米（298平方英里）；假如是用玉米来产生生物电，则需要2500平方千米（965平方英里）。

帕特里克·莫尔（Patrick Moore）于1971年创办了绿色和平组织，并且于1977年开始担任主席。他是一位加拿大人，而且拥有生态

学博士学位。1986年，他离开了绿色和平组织，并且宣传绿色和平组织以及整个环保运动都已经变成反科学组织了。不过他依然是造林绿化的热情支持者，并且因其支持核电的立场而更受关注，目前他是“清洁安全能源联盟”联合主席，该联盟由核能研究所发起，是一个美国民间进行政策游说的组织。

*

已故的英国主教休·蒙蒂菲奥里（Hugh Montefiore）连续20年里都是英国“地球之友”的一个受托人，当他了解到气候变化带来的危害时，作为一位环保人士，他转而支持核电。但是，他被告知，假如他选择那样的立场，就不能继续担任“地球之友”的受托人。于是，他退出了“地球之友”，并且于2004年写了一篇文章：

> 地球的未来比我继续成为“地球之友”的会员更为重要。而政府之所以到目前依然没有大力推行核电，乃是因为缺乏公众的支持，媒体少有相关报道，另外就是有环保组织在进行非常强势的抵制。其中大部分的反对声音其实并不能经受得起客观事实的推敲。

蒂姆·弗兰纳里是澳大利亚的一位世界闻名的生物学家和环保人士，他是《天气制造者》（*The Weather Makers*，2006）的作者，这本书被认为是关于气候变化最好的一本书之一。他在2006年给墨尔本的一份报纸写的专栏文章里如此写道：

> 未来20年里，澳大利亚可以利用核电来取代我们现有的所有火力发电厂。到那时，我们就可以拥有像法国那样的电力基础设施，而我们这么做的话，其实是为世界做了一件好事，因为任何本国的核电站所面临的危险都是本地的，而温室气体污染则可以给全球带来影响。

之后一年，他稍微改变了自己的主张，他转而支持像中国、欧洲、美国这些没有澳大利亚所具备的可再生能源的地方发展核电，而澳大利亚则可以将自身丰富的铀储备卖给这些市场，但澳大利亚本身不应该建核电站。

约翰·霍德伦（John Holdren）是奥巴马总统的科学顾问，他也是一位在能源以及环境方面的权威人物。他是核武器扩散方面的专家，哈佛环境政策教授，伍兹霍尔研究中心（Woods Hole Research Center）主管，同时还与保罗·埃利希是撰写环境政策方面文章的长期合作者。他的这些资历使得他成了国家能源政策委员会的联合主席，并且他还负责撰写该委员会于2004年发表的一篇报告，题为“结束能源困局”（*Ending the Energy Stalemate*）。该报告建议，政府要对新一代核反应堆建设加大支持，并且推动建设集中式的核废料“中期”存放地点——建议选在尤卡山周边的公路旁边。在接受《纽约时报》记者采访时，霍德伦说：“经常有人问我，‘我们不建核电站能解决气候问题吗？’我会回答说，‘是的，不使用核电也能解决气候问题。’但是假如我们使用核电的话，问题解决起来会更简单。”

贾里德·戴蒙德（Jared Diamond）是一位生物学家、环保分子以及《崩溃》（*Collapse*，2004）的作者，他非常细致地读过霍德伦的报告，因此当他在圣弗朗西斯科一次演讲完了之后有观众向他提问是否赞成斯图尔特·布兰德关于复兴核电的看法时，他的回答使所有观众和我震惊。他说：“要解决我们所面临的能源问题，我们需要一切我们能够利用的手段，包括核电。”

詹姆斯·霍华德·孔斯特勒（James Howard Kunstler）是郊区化的强烈反对者，他于2004年的时候写了一本书，即《长线危机》（*The Long Emergency*）。他书中所描述的石油峰值的表现形态以及大城市的脆弱，我觉得说服力都不够，但很多环保人士却信以为真。但他们

应当注意到的是，在“石油以外”（Beyond Oil）这一章结尾的时候，作者是这样总结的：“也许是否使用核电意味着，我们在未来还能见到今天我们所认识的人类文明还是其替代物。”

还有一类不情愿的忍耐者，他们也是著名的环保人士，并且我估计未来他们的人数会增加。当他们表述要支持核电的时候，他们使用的话语是如此晦涩，以至于人们很难引用他们的话。戈尔就是其中一位。在一次国会听证会上，他说出了他平时在公众场合避而不谈的话，他说，他并不反对核电，并且估计未来核电还会增长。我的年长的老师保罗·埃利希则说，气候问题让他更加支持核电。《自然的终结》之作者比尔·麦吉本则给《拯救世界的电力》（*Power to Save the World*）一书写了一篇友好的书评，并且发表在《地球》（*On Earth*）杂志上。他写道：“环保人士需知道，时代和环境都在发生变化，环保人士需要重新考量什么是最值得优先做的事情。假如环保人士只是说核电有危险并且会带来后果是不够的，任何东西都会带来后果。”麦吉本说，他的看法跟IPCC的建议一致，即核电“在全球电力供应的比重应当从目前的16%上升到18%”。

看看这些支持核电的环保人士吧——加起来有12个，假如算上我的话——你看到什么模式？他们当中只有1个人（帕特里克·莫尔）是不对气候问题非常着迷的，他们当中只有4个人不是科学家（蒙蒂菲奥里、孔斯特勒、戈尔以及麦吉本）。在我所接触到的所有对气候问题非常关切的人当中，他们关于核电的一般看法是，认为核电是“两害相权取其轻”，以及“不应该放弃任何一个选择”。至于在科学家的圈子里，格威妮丝在她的书里写到，科学家支持核电的比例是很大的，一般的科学家里有89%的人支持核电，能源科学家里有95%支持核电，而放射科学家当中则100%支持核电。（知道得最多的是害怕最少的。）

*

这其中还有生育因素的影响。《地球岛杂志》（*Earth Island Journal*）的编辑贾森·马克（Jason Mark）写了一篇文章，讲到关于环保运动领域里围绕核电的辩论。他的研究是在网络上进行的，他在2007年的一篇文章《核子分裂》（*The Fission Division*）里说：

> 反核专业人士所共同倡导的反核政策在民间并没有引起很大的回响。我们看一些最热门的关于环保的网站，可以发现人们正在讨论核电带来的好处。例如，当网站Grist.org对读者提出“面临日益严重的气候变化带来的威胁，核电是否值得我们重新进行审视？”这个问题的时候，54%的回应者都给出了肯定回答。而在网站Treehugger.com的一个调查则显示有59%的读者会在有条件的情况下支持核电。
>
> 每次核电的话题在环保人士的论坛里出现的时候，都会引起激烈的交锋。在一次在线讨论中，一位《地球正义》在线博客的读者写道：“我过去30年曾是坚定的反核人士……但是，过去两年里，我改变了想法，现在，我支持在美国建设新一代核电厂。原因是气候变化已经变成一个巨大而且紧迫的问题，我认为我们必须接受核电作为相对不太罪恶的一个选择。”而当这一话题在网站Worldchanging.com出现的时候，支持核电与反核的读者比例则为50：50。

代沟出现了。对于年轻的环保人士而言，“冷战”时代的核恐怖已经成为陈年往事，而切尔诺贝利也不是他们亲身经历过的事件。但气候变化所带来的威胁则是包围着他们的世界，还有不断加速的科技发展，他们所安享的正是这些。站在年轻人的角度来看，核电不过是技术的一种，判断其优劣的标准是它是否管用，而不是像他们的前辈那样带有过时的忧虑。

2009年，斯蒂芬·廷德尔（Stephen Tindale，2001年到2007年期间，他是绿色和平组织英国分部的主管）告诉英国《卫报》说，他现

在支持核电，并且他并不孤单：

> 我这一想法的改变不是突然的，而是在过去4年间慢慢发生的。但关键一刻是当我得知西伯利亚的永久冰层开始大面积融化并且释放出甲烷的时候，这对于全球来说都是一个相当严重的事件。
>
> 这有点儿像突然间转变自己的信仰。但很长一段时间以来，环保就意味着要反核，但现在我跟很多环保人士聊天，他们都说，核电不是最佳选择，但它比气候变化要好。这样的观点是很多人的共识。

老一辈的环保人士谈到核电时，基本只是会谈到核电的4个严重问题：安全性、成本、废料储存以及核扩散。这几样东西没有任何好的一面，只有程度不一的坏的一面，并且他们会将此认为是铁定不变的。假如核反应堆发生意外是可能的，那核电就不可行。假如发展核电所需成本很大，那么核电也不可行。如此种种。把事情绝对化会带来很大影响。一旦任何东西被看成是绝对的邪恶，那这就会成为一个预设；所有东西都会基于你这个预设而存在。

与此相反，我开头所讲述的几个考虑，包括基荷电力、生态足迹、能源组合以及政府层面的参与——这些都是逻辑而不是问题。这些是相对的，而非绝对的，也就是说我们需要采取分析风险并且权衡利弊而做出判断的思维。并且，这些可以给我们带来积极的效果，使得我们可以将发展核电作为其中一个应对气候变化和解决贫困问题的工具。

假如我们把所有这8点判断和问题都同时摊开来看的话，就可以看到为什么我们应当扩大核电的使用范围了。现在我看待安全、成本、废料处理以及核扩散的视角跟过去不一样了。我学会了不去相信我曾被很多环保同行所告知的东西，现在，我还学会了不去相信环保主义

者说的那一套东西。我开始以工程师的视角去想这些问题，我把它们当成是设计的问题。我会去定义它们，以一种可以导向解决办法的方式来描述它们，解决那些难题，而一旦你找到了答案，就马上去行动。

核反应堆的安全问题其实早就被解决了。2008年，全球有443座民用核反应堆在运作，它们为全球提供了16%的电力，并且每年因为使用核电而非煤炭发电，我们可以减少向大气中排放30亿吨的二氧化碳。这么多年来，核电行业尚未发生过重大事故，并且从我们经历过的三次事故中吸取了深刻的教训，它们分别是1957年发生在英国的温德斯格尔核电站大火；1979年发生在三哩岛的核泄漏事故，以及1986年发生在切尔诺贝利的气体爆炸事故。

蒂姆·弗兰纳里说："因为一次新的事故就足以给全球的核电行业带来摧毁性打击，人们为降低事故风险已经下了很多的功夫。因此，新的核电技术是相对比较安全的。"比尔·麦吉本则有另外的看法："假如发生了意外，核电就是一个潜在的安全威胁。但煤炭发电则会带来肯定的破坏，假如我们还是按照一贯的办法燃煤发电，将会使得大气里充满可以导致地球变暖的温室气体。"

麦吉本的实用主义建言暗示我们要在面对真正的危险时重新评估我们的恐惧，而这可以从理解恐惧是如何一回事开始。《今日心理学》杂志上有一篇文章《我们错判概率的10种可能》（*Ten Ways We Get the Odds Wrong*），下面几段文章中列出的原因就正好导致了人们闻核色变的心理：

> 我们害怕那些惊人但不大可能发生的事件……
>
> 我们低估了正在逐步逼近我们的那些危险……
>
> 进行风险评估不能脱离价值……

我们喜欢阳光，但是我们害怕核电……人们听到放射性这个词，就会想到核电、X射线，以及危险。因此我们很害怕别人要在我们居住区域周围修核电站。但我们每天都在接触放射性的东西，并且其致命的概率远高于核反应堆：那就是太阳光。它是如此熟悉和天然，以至于我们很难理解其中的危险。

我们应当害怕的是害怕本身。虽然我们经历类似“9·11”那样的恐怖袭击，或因为感染埃博拉病毒而死的可能性极低，但是长期对这些事情抱有恐惧的心态就会带来慢性焦虑，其影响则是重大的。

*

关于核电，最为相关的一点是，“进行风险评估不能脱离价值”。因为广岛原子弹事件以及“冷战”，使得任何跟核相关的东西都被认为是绝对的邪恶，我们对核武器的反感也会影响到我们对核电的感受。因此，1984年博帕尔发生化学物品泄漏事故之后得到的反响远远不及切尔诺贝利核电站事故所引发的反响强烈，虽然事实是，有6000多人在博帕尔事故中死亡，而仅有56人在切尔诺贝利事故中死亡（其中47人是工人，9人是孩子）。由于人们担心受到辐射会让婴儿出生时有生理缺陷，根据世界卫生组织的数据，事故之后，切尔诺贝利地区的夫妇有25万起堕胎个案。但是我们还没有看到任何婴儿出生有缺陷的报道，在广岛也没有。关于疾病，低度放射性专家约翰·戈夫曼（John Goffman）称：“未来本地区直接因为这起事故而发生致命的癌症的个案将不低于50万例。”事实上，真正的发病人数比这一预测数字的1%还低。

“据粗略估计，在切尔诺贝利事故当中接受了最大程度核辐射的60万人当中，因为患癌症而死亡的人数总计将高达4000人。”这是“切尔诺贝利论坛”于2006年发布的一份报告，这份报告有联合国7个职能部门参与调研。我们在GreenFacts.org这个网站上可以看到一份

归纳的调研结果。60万人里的10万人最终都会因为患癌症而死，哪怕切尔诺贝利事故从未发生。而每100个普通癌症病人当中，会有4个也许因为接受了核电站的辐射而提早死亡。从统计学的角度来讲，这不是什么意外——流行病学就根本无法检测到。

根据切尔诺贝利论坛的报告，对当地民众真正的威胁是贫穷以及心理上的压力。“切尔诺贝利所带来的最大的公共卫生影响是对人们心理健康带来的影响。”说这话的是路易莎·文顿（Luisa Vinton），她是这个论坛的主席，这是她在《生活在切尔诺贝利》（*Living with Chernobyl*，2007）这部电影里讲的一段话。“我们最终得出的结论是，人们对核辐射的恐惧反而比核辐射本身对健康的威胁更大。”报告指出，切尔诺贝利周边地区现在最急需的就是经济发展。

*

这份报告还提到：“非常矛盾的是，隔离区成了一个独特的、保存了生态多样性的地区。”在玛丽·米西奥（Mary Mycio）所写的非常精彩的《艾草森林：切尔诺贝利自然史》（*Wormwood Forest: A Natural History of Chernobyl*）这本书里，她写道：

> 这正是灾难的诸多悖论之一。当这一地区的人们被迁走后，工业化被停止，伐木也被停止，耕作以及其他人类行为也被停止，使得这里成了乌克兰全国在环境方面最为干净的一个地区——除了这里有放射性以外。但这里的动物没有核辐射剂量计……这块有罗德岛那么大的土地已经变成了一块让人欣喜并且有时候非常美丽的野生地带，这里到处都有海狸、狼、鹿和猞猁，还有像黑鹳和蓝山雀那样的罕见鸟类。

罕见的白尾鹰如今在那里生存得很好，而欧洲普氏原羚以及野牛这样的欧洲仅存的天然大型动物，也被成功地引入那里。1994年，来自得州理工大学的两位生物学家——罗纳德·切瑟（Ronald Chesser）以及罗伯特·贝克（Robert Baker）——开始了为期15年的调查，旨在研究核辐射对隔离区动物的影响。在一个著名的名叫红色森林的辐射区（那里所有的松树都被辐射摧毁，但桦树则存活了下来），他们首先观察野生老鼠：

> 我们惊讶地发现，虽然在每只老鼠的骨头以及肌肉内都测出了前所未闻的辐射量，但所有的动物看上去都很正常，并且很多雌性的老鼠都怀有正常的老鼠胚胎。我们测试过的所有动物都是这样——它们都含有高辐射量，但体态上是正常的。这是我们所获得的诸多惊人发现里的第一个。

他们的确在田鼠身上发现了超乎寻常的基因突变现象，并且将他们的调查报告发表在1996年其中一期《自然》杂志的封面故事上。文章刚发表，他们就获得了一个自动测序机，这不但没有改进他们的发现，反而彻底地否定了他们之前的发现——田鼠并没有任何重要的基因改变。因为愤怒，他们决定收回那篇《自然》杂志上的论文。罗伯特·贝克在他个人网站上总结道："像农耕、畜牧、打猎，以及伐木这些人类行为的消失，为当地的动物带来了巨大的益处。可以说，世界最严重的核电站事故对当地动物的破坏性影响远远不及人类活动对动物的影响。即使是在核辐射最厉害的地方，野生动物都大量存在。"

这是很有趣的一个陈述："世界最严重的核电站事故对当地动物的破坏性影响远远不及人类活动对动物的影响。"

我估计未来会有一个切尔诺贝利国家公园。这里有最好的生态要素。这是一个主要的历史遗址。当33万人外迁而动物入驻之后，这里

变成了欧洲最好的天然保留地。联合国发展规划署已经建议在那里搞生态旅游了。除了几个著名的热点以外（那里的辐射强度也在减弱），这里的辐射量已经降到可忽略的程度了。这里重新覆盖上了森林，而普里皮亚这座鬼城，曾经居住有5万人，它正是关于建筑设计失误的深刻教训——切尔诺贝利核反应堆当时是没有覆盖装置的。而反应堆旧址本身则成了一座恢宏的纪念碑，只要最后的保护罩盖上之后，就可以长期放在这里，就像英国巨石阵一样。

*

有几个不正确的、关于绝对邪恶的看法干扰了我们关于核电安全的理性讨论。其中一个是癌症。有医学背景并且早年也曾从医的詹姆斯·洛夫洛克于2004年的时候曾写道："人们听说化学品或辐射从统计学角度看会导致癌症，因此焦虑不安。我们必须阻止这样的焦虑。我们当中有1/3的人最终会因为得癌症而死，因为我们呼吸的空气里都含有一种普遍存在的毒素，即氧气。"癌症研究专家以及企业家威廉·哈兹尔廷（William Haseltine）则从另外一个角度阐述了这种不可避免性："癌症是老年化的一种病。要预防癌症是非常困难的，因为它本质上是跟老年化的历程捆绑在一起的。"而预防癌症的最稳妥的办法就是传统的做法：早点儿死于别的病。

核辐射之所以获得其臭名，主要是原子弹给人们留下的记忆。我们看到发生在广岛的恐怖转化成为唯一我们可以影响的东西，那就是核电站本身，这个过程就像看到别人的疼痛也会感到疼痛一样。我们来比较一下其他基础设施的能源形式及其危险程度吧。汽油是非常容易爆炸的，在汽车事故以及其他地方，很容易就会因为爆炸而致使几千人死亡。天然气爆炸可以摧毁整栋楼，它流动于脆弱的管道里，还通过像炸弹一样的油轮来运输。电网也是具有很强危险性的，并且它一直延伸到你家的灯具跟电源相接的地方，任何无意中碰到的人都会触电，并且还会引起无数的火灾。另外一个不切实际的替代品是氢，

它具有强大的活性，可能干扰输气管工作，并且它还具有强烈的挥发性，因而它是最容易在输气过程中发生泄漏的气体，再有是它的燃点非常低，以至于手机也能使它燃烧，并且它燃烧的时候，人们还无法看到它的火焰。另外一个被寄予希望的选择，是将火力发电厂排放的大量二氧化碳用管道输送到海底将其封存起来，但这样做就会为现有的输气管道带来一种新的危险气体。1986年，在喀麦隆的尼奥斯湖里突然有一大团二氧化碳气体喷发出来，这些气体以每小时20英里的速度蔓延到下游的村落，致使远至15英里以外都有1700人和3500头牲畜窒息。矿井里的工人知道得很清楚，这样的气体又称为窒息性气体，一旦空气里二氧化碳浓度高于15%的话，人马上就会死亡。

但是还没有一个美国人因为核辐射而死亡，而核辐射只是核电的副产物的一种，我们却只是对此怀有恐惧感。应用于医疗领域的核辐射已经救治了无数的病人，并且这些病人所接受的核辐射量远远高于在核电行业所允许的核辐射量。

*

另外一个与此相关的担心是，长期接受少量核辐射，累积起来会不会产生什么影响。20世纪70年代的时候，我主持的《共同进化季刊》曾发表过来自海伦·考尔迪科特（Helen Caldicott）以及约翰·戈夫曼的关于此话题的文章，他们都对此表示担忧。直到后来我读到一个实验，该实验记录了分别接受少量核辐射和完全没有接受核辐射的老鼠的健康状况。他们发现，那些接受了核辐射的老鼠健康状况比没有接受辐射的老鼠要好，也就是说，核辐射反而给它们的健康带来好处。后来我就不再发表对核辐射的担忧了。

几十年后，2007年，我问洛夫洛克对关于接受少量核辐射有什么看法。他说：“目前还没有定论，这就是我的看法。有两派观点，其中一派说，少量的辐射对人是有好处的，这一现象又称毒物兴奋效应。有越来越多的证据在支持这一观点，并且看上去很有趣。另外一

派是说，少量的辐射反而更为危险。而其中让我感到吃惊的证据是，在某些地区，例如印度和伊朗，自然中的背景辐射是很强的。生活在那些地区的人，他们的人均寿命跟其他地区的一样，并没有证据显示强辐射会对他们带来影响。”

因为任何地方都会有背景辐射，因此唯一可以支撑或者是反驳任何程度的核辐射都是有害的这一观点的做法，就是在没有任何背景辐射的地方做实验。正好有人提议在新墨西哥州的一个盐碱区——（废料隔离试验厂）WIPP所在地——建一个超低背景辐射的生物实验室来做这个研究。

在盐碱地，离地面半英里深的地方，那里的背景辐射含量是地面的1/10。通过对细胞、组织以及极容易患癌症的转基因老鼠进行实验，就能判断出关于少量辐射是否有害的说法孰对孰错。是不是任何辐射量都会带来危害？还是说有一个数值，低于该数值的辐射量是可以忽略的？假如是，这个数值是多少？或者，假如接受少量辐射反而会导致毒物兴奋效应的说法是正确的，什么是最合适的辐射量？还有，具体是什么机制使得损坏的DNA得以修复，使有害的部分得以清除，受损或致癌细胞如何得以修复，甚至产生其他的反应？（毒物兴奋效应方面的一位专家T·D·勒基称，他发现每年接受6000毫雷姆的辐射是最有利于健康的辐射量。）

这是牵涉数千亿美元的项目。正如很多科学家所猜测的那样，认为接受任何程度的辐射都有害健康这样的观点假如是错误的话，那么我们可以知道美国在核废料处理上花费了大量不必要的钱，另外清理像尤卡山那样的地质处置库所需要的天文数字的花费也会大大超出预算。环保局显然是相信了任何辐射量都是有害的这样的理论，并且因此勒令所有的核电站要确保住在附近的居民每年接受核辐射量不大于15毫雷姆。而这仅仅是照一次乳房X光辐射量的一半，美国本土背景辐射平均值的1/5，是照几次CT[注]所接受的辐射的1/66，以及一年里每

天吸1.5支烟的烟民所接受辐射量的1/80。生活在伊朗拉姆萨尔的人们，他们当地的背景辐射每年为1.3万毫雷姆，却没有明显地对健康产生影响。宇航员每次太空舱作业允许接受最多2.5万毫雷姆的辐射量。

似乎公众最担心的是核电的安全问题，正如路易莎·文顿以及联合国专员在切尔诺贝利所发现的那样：“人们对核辐射的恐惧本身所带来的健康危害远远大于核辐射所带来的健康危害。”切尔诺贝利所带给我们的教训是双面的：一方面，我们要学会谨慎；另一方面，我们也要学会不要随便对什么东西都恐惧。

*

发展核电的成本高，这是所有反核电人士最主要的抱怨，而这主要得力于一个人的辛苦努力。他就是艾默里·洛文斯，洛基山研究所的创办人和主管。他过去30年一直在以各种方式讲述发展核电所需的巨额资金，他的指责也带来了可怕的效果。

洛文斯是我的一位老朋友，也曾是我的同事。我曾在《共同进化季刊》中介绍过他关于能源有效利用的观点，并且称赞过他写的书。在一次黑客大会（Hacker’s Conference）上，我还看到他讲传统汽车如何花大部分的能量来使得汽车本身得以启动，以及他所设计的超级汽车如何高效利用能源，以及这些节约下来的能源如何转变世界能源经济，这个讲述让在场的那些不容易被说服的观众都叹为观止。在他的很多文章和演讲里，他言辞犀利，足以媲美口齿伶俐的经济学家凯恩斯。在接受一次采访时，他随便说道：“假如你能够建设一个高效的、多元的、分散的、可再生的能源系统，那么那些重大的失误——不管是因为意外还是因为恶意——都可以通过设计使之不会发生，而非因为设计而使其不可避免。”

洛文斯关于核电的论述（或者如他的一位反对者所说的他那“执着的反核斗争”）的逻辑是这样的：私人资本是考量哪一种能源形态

最优的最为客观的判断者以及明证。而在这一领域，核电总是输家，而微电力总是赢家。因此，我们看到全球范围内微电力正在蓬勃发展而核电发展则被搁置。所谓微电力，洛文斯指的是高效、热电联产（cogeneration，也称作CHP：热能与电力结合）、小型水电站以及像风能、太阳能、生物炭以及地热这样的可再生能源。“最廉价、最可靠的电力通常都是在靠近消费者的地方生产的。”在洛文斯看来，政府因为气候变化而对核电发展提供补助会适得其反，因为这会让对微电力的部分投资转向其他领域，而微电力相比之下可以更快更低成本地部署，对于抵抗气候变化也更有作用。“在全球所有的核电项目中，没有一丁点儿的私人资本会感受到风险。”

1986年，一个电视台节目采访洛文斯，问及他对核电未来的看法。他回答说：“未来不会有核电站。人们不会再去新建核电站了。问题在于现在已经在运行的那些核电站未来是否会继续运行直到其生命周期结束，还是远没有到那个时候就已经被关闭了。”2007年，洛文斯在一个辩论会上说：“尽管从业人士看法相反，但核电正在因为受到来自市场的不可救药的打击而走向消亡。”

*

2007年，当洛文斯说那番话的时候，下面一些事情正在发生：全球范围内有31座核反应堆正在修建。在美国，核电管理委员会正准备批准17座新的核电厂项目申请（到2009年仍未批复），而加拿大则准备在艾伯塔以及新不伦瑞克省（这里的核电站发的电有一部分将卖给缅因州，后者于1997年把该州唯一的核电站关闭了）建新的核反应堆。在欧洲，许多国家相继改变他们在核电上的政策。绿色芬兰开始建设一座巨大的可以发电1.6吉瓦的核电站。绿色德国则低调地决定要让该国目前的17座核电站保持运行，而不是如之前所说那样关闭它们。绿色瑞典也是同样的做法，并且他们还对核电站进行了扩容。绿色比利时有7座核电站，他们也决定这么做。意大利于1987年关闭了该

国的4座核电站，主要是受到切尔诺贝利事件影响，之前他们就成了能源进口国，主要是从靠核能发电的法国进口；但意大利也于2007年开始一项计划，要新建4座核电站。在戈登·布朗（Gordon Brown）所属的工党领导下的英国则决定要对原有的19座核电站进行升级，同时新建一座核电站。爱尔兰、挪威和波兰则准备开始建设他们的第一座核电站。法国目前有80%的电力都是核电，他们已经开始建设新的核反应堆并且正在扩大其总体核发电能力，以及通过一个市值70亿美元、名为阿海珐（AREVA，法国能源公司）的国营机构为全球市场提供电力。俄罗斯也走上了类似的道路，准备使其国内的核反应堆数量翻番，目前他们有31个核反应堆，同时也通过一个市值80亿美元的名为原子能公司（Atomenergoprom）的国有公司把多余的电力卖给国际市场。

在国际市场上，俄罗斯的潜在买家包括“越南、马来西亚、埃及、纳米比亚、摩洛哥、南非、阿尔及利亚、巴西、智利和阿根廷”，这是《纽约时报》一篇文章说的。同一篇文章还提到：“西方的投资者，包括像花旗银行那样的巨头，都看中了俄罗斯的核电市场。”正在新建第一座核电站的国家包括阿尔巴尼亚、白俄罗斯、土耳其、伊朗、阿联酋（他们有两个1.6吉瓦的核反应堆在建设中）、缅甸、泰国、越南和孟加拉。正在考虑建设核电站的国家和地区包括叙利亚、以色列、约旦、沙特阿拉伯、巴林、科威特、阿曼、卡塔尔、阿尔及利亚、加纳、尼日利亚、哈萨克斯坦、印尼以及菲律宾。而对本地已有的核电站进行扩容的则包括乌克兰、匈牙利、保加利亚、亚美尼亚、阿根廷、墨西哥、巴西、南非、巴基斯坦、韩国以及中国台湾地区。（可以在维基百科的“核能源政策”这一条目上跟进这些国家和地区的进展。）

印度，目前拥有17座核电站，供应3吉瓦的电力，他们正准备将其扩容至30吉瓦。中国从西屋电气公司购买了两座核反应堆，并且与阿海珐签署了价值120亿美元的协议——据说这是行业历史上最大的一宗交易。中国计划到2020年的时候，将本国核发电能力提高到70吉瓦。

目前中国拥有11座正在运行中的核反应堆，有5座核电站正在建设中，有30座核电站正在规划中，还有86座核电站尚待批复。

日本，是继美国、法国之后全球第三大核电国家。日本有55座正在运行的核反应堆，并且计划到2017年再新增11座。到2050年，日本政府计划将核电占能源比重从目前的30%上升到60%。

2009年年初，洛文斯在《人类环境》（*Ambio*）杂志上写道："核电在全球市场范围内依然保持着过去几十年的衰落趋势，因为它总体上没有竞争力，没有人需要它，它已经是过时的东西了。"

为什么一位如此聪明的人会在这样一个他懂得如此透彻的话题上错得如此彻底？我们发现，洛文斯关于核电在经济上不划算的论证仅仅在他自己所定义的非常狭隘的商业边界内才是有效的。但这一看法已经越来越不符合现实了，并且他主要是针对美国做出那样的结论的。他的论证对于那些政府主导的国家，例如法国、日本以及大多数发展中国家，特别是中国和印度，是不成立的。假如那些国家的政府需要核电，他们就会建设核电站。更为重要的是，气候变化的加剧改变了所有人关于成本以及风险的看法。

*

问题不在于核电很贵，而在于煤炭太便宜了。

洛文斯说："核电在面对不可救药的市场规律的冲击下正走向消亡。"正是市场让煤炭成了主要的能源来源——全球有40%的能源都是来自煤炭（20%来自天然气，16%来自核电，16%来自水电，6%来自石油，2%来自可再生能源）。假如只是市场规律在发挥作用，煤炭依然会占主导，而世界也会走向崩溃。

而一旦意识到这一点，就使得哪怕是像英国和美国这样深度资本主义化的国家的政府也开始有所行动。依靠政府的力量，可以把煤炭的价格提高——例如通过碳税、碳排放量限额与交易市场，碳获取和碳封存方面的要求，还有政府强制规定。而随着煤炭价格上涨，要满足基荷电力供应，核电就会慢慢成为一个在成本上值得考虑的替代品。（随着煤炭价格升高，风电、水电、热电联产、太阳能以及地热都会变得更为现实。）而天然气发电厂的命运，包括热电联产，就会依赖于本地天然气的价格，这个在大多数地方都在飞速上涨。没有任何一个曾依赖于俄罗斯获得天然气的国家会希望保持这样的趋势，因为这很容易会变成一种政治武器。

核电的天价成本是在一开始的时候就存在的。就像其他主要的环保能源一样——例如要修水坝以及建大型的风力发电厂——发展核电需要大量的前期资本投入，但一旦设施建设好之后，其运营的成本相对于煤炭以及天然气而言是很低的，只占核电站整个生命周期成本的1/4到1/3。

风电也是需要大量基础设施投入的，并且也发展迅速—2007年，全球风力发电总量为94吉瓦（核电为365吉瓦，煤炭为1393吉瓦）。而扩展风电则一直都意味着扩展长线输电线。丹麦和德国是欧洲走在前列的风电国家，它们在新建风力发电站时都遇到了障碍，主要是建设成本上升以及缺乏合适的地点。有些人会认为大片的风力发电机组是一种对自然的冒犯（让我想到了洛夫洛克以及年轻的罗伯特·肯尼迪），但我个人觉得风车是很刺激的。可惜的是，风力发电面临着间断性问题，只有20%是有效电力（例如94吉瓦里就有4/5是流失的），而今日的核电站则可以达到90%的电力有效利用。另外，目前还没有什么存储方法可以使得风电成为基荷电力。（一些正在开发中的潜在大规模能源存储工具包括：飞轮、热液体、压缩空气、更好的电池或分布于常见的即插即用混合动力汽车里的电池。）

很多鸟类爱好者认为风车对飞鸟有影响，因而反对风电。我最喜欢的一本环保方面的杂志《高地新闻》（*High Country News*），列出了下面这些数据，而不给予评论："在美国每年导致鸟类意外死亡的原因数据如下：风车，28500起；房屋，5.5亿起；电线，1.3亿起；猫，1亿起；汽车，8000万起；杀虫剂，6700万起。"

*

太阳能目前在全球的能源供应系统里还只是个小配角——在2007年只有10吉瓦的电力是通过太阳能来供应的，但太阳能电力的实际可利用率仅为14%，因此只有1.4吉瓦是可以使用的，这一数值比一个大型核反应堆提供的电量还要小。我对于20世纪70年代太阳能发电的热潮记忆犹新，而里根上台之后就取消了卡特总统颁布的太阳能税收抵免政策，太阳能电力的热潮由此大减。在2007年的太阳能大会上，我有一个难得的机会在12500名观众（这一数字是2006年的两倍）面前采访特德·特纳（Ted Turner）。他们当中包括一些老派的太阳能电力的支持者，如约翰·谢弗（John Schaeffer），他创办了《好东西》（*Real Goods*）邮购目录，这一目录从1978年以来已经让数千人摆脱了电网的束缚。在会场上，我们周围都是穿着西装的人，他们当中大多数人看上去都想拯救世界，同时也从这一科技中赚取巨大的财富，因为他们认为这一科技迟早会得到很大的补贴。这就是他们愿意听又有钱又支持环保的特纳的理由。特纳说着说着就偏离了话题，谈到了伊拉克战争，并且提到敌人对士兵的激励是，假如他们死了，他们可以获得40位处女。特纳说笑道："假如我们在太阳能方面也有类似的激励机制，我们就已经获得成功了。"（我忍不住问他关于核电的看法，他说："我情愿有一座核电站而不是一座煤炭发电站。"）

有数不清的创新和资本都投向了太阳能发电，并且还不断有新的材料和新的配置——纳米化以及集中化。也许未来还会有能够产生电力的太阳能涂漆。目前最为有效的就是集中的太阳能集热器，也就是

汇集起来的太阳光会给液体加热，水流而后带动涡轮机旋转，其中一部分热气会被储存到流体汇集器里，这样当乌云遮住太阳或晚间的时候也一样可以供电。假以足够多的创新，未来几十年积累下来，太阳能会而且应当成为未来主要的能源形式。让那一天更早到来吧。另外，财务管理公司联博基金（Alliance Bernstein）则称："太阳能产业最近因为政策而获得了惊人的发展……我们认为这里的投机倾向已经泡沫化了，特别是这个行业的基础设施都有赖于政府的补贴和政治上的支持。"

我的妻子瑞安和我用的是太阳能电力，我们不需要什么激励。我们26年来都是靠我们的拖船顶上的太阳能板获得电力并储存在电瓶里的。我们正在恢复的橡树草原圈养牲畜的电篱笆，就是靠太阳能供电的；篱笆的自动门也是靠太阳能供电的。最好的一个是我们的太阳能加热的游泳池。一年当中有7个月，我们可以让水池的水温上升到80华氏度，而无须使用丙烷。在夏天，太阳能板则可以在夜里将多余的热量反射到空中。太阳能发电对于家庭使用是很适合的，但是风力发电就不行。风力发电可以作为一种基础设施来部署，而截至目前，太阳能还不能这么做。

*

人们反对核电，另外一个主要原因是认为核电获得了过多的补贴，这样的电力在市场环境中是不能有竞争力的，并且还从太阳能本该获得的补贴里偷走了一部分。这也是洛文斯的主张。2007年的一份调查比较了美国政府在过去50年间的能源发展的驱动力，并且着重着眼于1994到2003年这10年。被调查的驱动力包括直接补贴、研究、税收减免、管制、政府服务，以及市场干预。这个调查的结论包括：

> 人们普遍认为石油行业获得了来自联邦政府最大的补贴，这是准确的，石油行业获得了几近一半的政府补助……人们因为可

持续能源在价格上竞争不过传统能源而不去使用它们是错误的……煤炭以及核电都没有获得足够的经费支持，而太阳能技术，如光伏技术、光热技术以及风电则获得了充足的经费支持。

具体的细节以及图表可以在罗杰·H·贝兹德克（Roger H.Bezdek）和罗伯特·M·温德林（Rorbert M.Wendling）合写的《半个世纪的美国联邦政府能源发展驱动力分析：价值、分布以及政策影响》（*A Half Century of United States Federal Government Energy Incentives: Value, Distribution, and Policy Implications*）这篇文章里看到。文章发表在2007年总第27卷的《全球能源议题》杂志上，但这一调查则遗漏了很多在州政府层面对再生能源的补贴的分析。

洁净煤技术被认为是可以充当核电的替代品，成为基荷电力的一个发电来源，但前提是我们已经部署了碳捕捉与封存的技术。而直到2009年，还没有一个试验的发电厂是利用这样的技术，虽然中国正在进行这方面的研发。哪怕是业界的碳捕捉与封存技术的支持者也不认为这项技术可以在2030年之前进行首次商用推广，或者说在2050年之前实现大规模的使用。这项技术要处理的二氧化碳总量是巨大的。一个1吉瓦的火力发电厂每天要燃烧80节火车车厢所装载的煤炭数量，并且上面的每一节火车要装满100吨的煤炭。燃烧后生成的二氧化碳之重量是煤炭本身的2.4倍，因此这样一家工厂每天将会排放出19000吨二氧化碳，每年累计下来就是700万吨。这些二氧化碳需要经过分离、压缩成液体，并且输送到一个合适的地点，而后将其放到地底下1英里深的地方，并且永久封存起来。希望他们在发展中国家可以碰上好运气做这样的试验吧。一位名叫安德斯·汉森（Anders Hansson）的瑞典人做了一个计算，他计算了需要多少二氧化碳才能带来真正的改变。结论是，一旦这样的技术得以施行，二氧化碳将会成为地球上被运输的最大的货物。《华盛顿邮报》的漫画作者汤姆·托雷斯（Tom

Toles）则指出，最好的实现碳封存的办法就是把煤留在地底，不去挖出来使用。

也许你听说过这样的话："建新的核反应堆没有什么用，因为我们已经没有太多铀元素了。"事实并非如此，并且假使真是如此也并不会有影响。现在已知的铀矿含量可以足够按照目前的使用量继续使用100年。而随着铀矿价格的升高，也使得人们开始去寻找新的可能，并且在世界各地都已经有新的铀矿被发现。而价格上升也使得越来越多人去对已经用过的铀燃料进行再处理，这样就使得铀矿的使用率得以提升好几倍。最有可能替代铀的是钍，后者在地表的含量是前者的3倍，并且不会溶解，也不能用作武器，产生的废料也非常少。另外，新一代的核反应堆已经变得越来越高效，快中子增殖反应堆可以生产的燃料比其消耗的还要多。稍后我会详细讲这一新型的设计。

*

我们环保分子不是经济学家。假如有人需要财务上的建议，他们通常不会去找环保人士，因为人们知道我们不大了解金钱，并且也不怎么在乎金钱。我们的任务是保护自然环境，而不是纳税。我们非常高兴地要求人们提交环境影响评估报告，这会带来相当大的一笔费用，还会给工程带来延误，我们呼吁拯救濒危动物也没有考虑到成本分析。一只秃鹰值多少钱？别问我们了。

有时候我们会发明出一些有用的经济学工具，例如"外债换自然"，并且我们很多的组织在财务上也运转得很好。但金钱方面的问题更多还是被环保人士当作一种武器来使用。一位社会活动家在《猎户座》（*Orion*）杂志上写道："假如你希望叫停一个电厂项目，就关注金钱问题吧。"我还记得未来学家赫尔曼·卡恩（Herman Kahn）讲到20世纪70年代围绕跨阿拉斯加输油管道事件的斗争时，是这么说的："环保人士起初是抱怨这个管道设计得如何不好，他们也是对的。管道本身的确有问题。但当这些问题解决之后，环保人士就把所

有精力都放在暂缓这一项目以及其他增加项目成本的枝节上。他们最终的结论是，管道不该建设，因为它太贵了。这就像一个小孩杀死了自己的父母而后向法院求情，因为他成了孤儿。”

艾默里·洛文斯确实是有经济学方面的本领。他在能源有效利用以及保护方面的成本分析是相当精彩的。他领导的洛基山研究所每年为企业和军事部门提供咨询所获得的利润就高达900万美元，这一方面让他的这些客户可以节省能源，另一方面也是对环境有好处的。但当他把这一本领应用到核电上来的时候，我觉得他对私人领域的偏见阻碍了他的想法。他说：“我仰慕那些试图改变公共政策的人，但我自己不会花很多时间来做这件事。在商业、公民社会以及政府这三足鼎立的世界里，你为啥要花时间去攻克最没有效率的一足？”

但是随着气候变化，游戏已经发生了变化。单靠市场不能限制温室气体排放。政府必须成为主导。政府认为大气需要什么，将会成为能源经济的主要推动力。

*

人们回避核电，通常会说：“解决核废料存放的问题非常困难，并且世界上没有任何一个正在运作的地质处置库。”

但实际上在美国就有一个，从1999年以来就一直在运作，那里埋藏的都是放射性物质。它的名字叫WIPP，位于新墨西哥州，当初得以通过安全性评估，也是得力于里普·安德森，他是桑迪亚国家实验室的科学家，正是他带着格威妮丝走进了核电的世界。由于政治上的考量，WIPP只接受来自美国军事部门的废料（包括低浓度以及高浓度的）。而民用能源项目的废料则被送到尤卡山去。详细看过了各种处置库之后，安德森说：

从技术的角度来看，在干地上存放核废料（不管这些废料来自哪里）最佳的一个地方就是WIPP。我们已经从任何你能想象得到的方面去证明这一点了。我们的研究都是可以寻找到路径并且过程是透明的。从地质上以及水资源上来看，这里是最为安全的。这里有足够的空间，并且我们在有需要的时候可以随时从盐床里挖出更多的面板。只是政治和官僚在阻碍着事情的进展。

WIPP处于盐碱地，而尤卡山是一个军事保护区里的沙漠边脊，但这不是为何其中一个可以运作而另外一个不可运作的理由。新墨西哥州对于核电是熟悉的，因为那里的洛斯阿拉莫斯国家实验室和桑迪亚国家实验室很久以来就是担任设计和建造核武器的任务。而内华达州则是测试核弹的地方。内华达州居民未曾停止过与政府的抗争，而政府则控制着当地86%的土地。要在内华达放核废料？“不行！见鬼去！把垃圾扔到别的地方吧！”反核环保人士则会重申这样的立场，并且会从给交通带来的危险、没有对地下水进行充分的测试、热能对岩石的影响、不可预知未来一万年会发生什么等方面来展开论述。

詹姆斯·洛夫洛克对于这样的讨论感到困惑：

我们来看看内华达州的尤卡山核废料存放地点吧：建设这样一个地方需要金钱，并且我们需要这个地方就跟我们需要监禁危险的外星人一样紧要。我们必须停止生活在一个科幻的世界里了。在真实的世界里，英国和法国的40年核工业所产生的废料都是存放在玻璃瓶里，而后放到不锈钢的容器里，埋在地下几米深的地方。桑迪和我就曾站在位于诺曼底海牙的高浓度核废料存放地地面上。我手上的检测器测出的辐射指数仅为每小时0.25微西弗，这仅为任何一架长途飞行的飞机上的辐射指数的1/20。

在芬兰的埃乌拉约基（Eurajoki），人们在建设一个深层地质处置库来存放高浓度核废料。这一项目获得了欢迎，因为当地人已经对

核电习以为常了。他们居住的地方过去30年都是使用核电的。这一存储仓库估计在2020年可以投入使用。另外，芬兰的邻邦俄罗斯则希望成为全球核燃料的处理者——包括采矿、处理、运输、再处理以及废料的存放。

在没有集中式的核废料处理中心的美国，人们想到的解决办法被验证是非常有效的，以至于新的方法都是以此为基础设计出来的。现在美国的核废料会首先被冷却几年时间，而后是将其存放在干的存储箱里，放在车库后面。至少对于全美39个州的121个核反应堆都是这样处理的。因为所有这些存储箱都是会被运到其他地方的，现在立法规定，它们要被运到一些监管更为严密的中期存放地点，这些核废料未来几十年就会存放在那里。与此同时，美国政府将会决定是否要重新回收利用这些废料或者是直接将其掩埋。因此美国将会采取与加拿大一样的“适应式分期管理”的方案。在我看来，由此浮现出来的规则是：短期规划，留出足够的选择空间；短期内的行动要保证未来可以有最大的选择空间。

那样一种思路因为有核废料处理方面的经费而得以实施。美国那些使用核电的消费者多年来已经在为长久的核废料处理埋单了。他们总共已经支付了280亿美元的费用，剩下需要解决的就是政治方面的问题。

*

我曾认为重新处理用过的核燃料是合理的做法。那些我们曾认为是“废料”的东西依然保留着95%的能量。假如美国现在所有的那些核废料都得到处理的话，我们整个核电工业仅靠这些废料就可以运行7年。核废料经过再处理后，其中不可再次利用的仅仅是其中很少一部分，有人说是1/4，有人说是1/10，并且带有辐射性的物质也不会长期保持危险。因为可以用作武器的钚元素可以用现行的这套核废料处理技术获得，福特以及卡特政府就宣布要关闭那些核废料再处理设施并

且期望其他国家也可以效仿。但结果并非如他们所想。在法国、俄罗斯、英国、德国、日本以及其他希望发展核电的国家，都有对核废料重新处理的方案。现在，即使是美国本身也开始在爱达荷州、新墨西哥州以及南卡罗来纳州修建相应的核废料处理厂。

而发表在电气和电子工程师协会会刊《IEEE光谱》（*IEEE Spectrum*）的一篇关于法国如何对核废料进行再处理的文章则引起了我的再思考。位于海牙的处理厂每年可以处理1700吨的核废料，并且那里的安全记录非常好。但是即使是在法国，这样一个基本依赖于核能来供应电力的国家，由于对核废料进行再处理代价高昂，只有在铀的价格很高的情况下，或者是他们要开发快中子增殖反应堆（fast breeder reactor）的时候，核废料再处理才会在经济上比较划算。虽然经过处理最后残留下来的那些废料的寿命相对比较短，但是它们更热，并且比起那些第一次产生的核废料更难以处理。

还有就是关于核武器的担忧。这正是戈尔所顾虑的。他说过：

> 在白宫的8年时间里，我们所面临的每一个武器扩散的问题都跟民用反应堆项目有关，而假如我们某一天要利用核反应堆来取代煤炭以生产电力，我们就需要将这些核反应堆放在很多地方，这样的话就会使得核扩散的风险高于任何我们所能承受的范围，并且我们也将会用光所有的铀，除非用过的铀被放入增殖反应堆或者类似的处理，但这样就会增大这些材料被发展为武器的可能性。

现在的核废料处理技术会产生钚元素以及浓缩铀，这些都是建造核弹的必要材料。不过，我们可以找到一些政治上以及技术上绕过这个问题的办法。

*

首先，应当说，发展核电比其他任何做法对于销毁现有的核武器所做的贡献都要大。“百万吨级到兆瓦”（Megatons to Megawatts）就是一个美苏联合项目，旨在把核弹头变为核燃料。项目始于1994年，现在，美国有10%的电力就是来源于俄罗斯的导弹和核弹。项目的目标是到2013年，将两万个核弹头转化为核燃料。这些燃料足够整个美国的核电行业使用两年。其中包含两个过程，其一是把武器用的高浓度铀（95%）降级为适合核反应堆使用的低浓度铀（5%）。另外一个是把钚转化为一种混合氧化物，后者可以作为燃料使用。未来几年，美国将开始把自身的核武器进行类似的转化，具体将在田纳西州以及南卡罗来纳州进行。这个如此惊人的项目进展到现在还没有多少媒体关注，公众则没有任何的强烈反响。[弗里曼·戴森（Freeman Dyson）告诉我说这是好事：“消除核武器的重要动作假如不被报道反而总能做得更好。历史上的例子是尼克松总统让美国消灭生物武器，以及老布什让美国去除战略核武器的努力。这两次解除核武都是默默地进行，也就不会变成政治事件。”]

没有其他武器在瓦解之后还能创造出如此重大的民用价值。来自全球以及政治圈内部，要求最终解除全球所有核武器的呼声也许可以从这里获得更多的动力。

有人认为发展核电会加剧核武器扩散，有人认为不会，这都有其理由。“更多的核电就意味着更多核武器。就这么简单。”这种话有些过于武断。全球范围内的核电复兴需要在核技能、核装备以及核材料方面的极大扩展，需要一个完整的核电经济体系。而核武器在这样一种趋势下也会悄悄地发展，不是吗？

很多人批评这种从能源到武器的发展方向，其中最集中的一个观点是历史上从没有这么出现过。以色列、印度、南非和朝鲜都是以发展核电的名义，秘密发展核武器。在现今正在使用核电的31个国家里，只有7个是有核武器的（美国、俄罗斯、英国、法国、中国、印度

和巴基斯坦），并且它们每一个都是先有了核武器项目，才有的核电站。朝鲜和以色列则有核武器但没有核电站（虽然他们都有正在建设中的核电站项目）。

我从知情人士那里得知的消息是，现在反核扩散的行动取得了相当好的效果，主要原因是这方面的国际合作是包容和密切的。即使某一届美国政府干得特别坏，但每一个国家都不希望核武器落入非政府人士的手中。约翰·罗布（John Robb）对核武器恐怖主义进行了详细的分析，他的博客名为“全球游击队”，他还写了《勇敢的新战争》（*Brave New War*，2007）这本书：

> 虽然人们最担心的大规模杀伤性武器是核武器，但长期来说，它并不是真正的威胁。制造核武所需的基本材料，就需要一个国家级别的生产能力才能创造出来，而这些材料又是很难被改造、运输和转化为核武器的。即使是从黑市上买回来一些部件，也不容易组装出核武器。假如真的很容易组装，那像伊朗那样的国家所能支配的资源远远多于任何一个恐怖组织，他们自己就可以组装而不是去做自主研发了。
>
> 另外，一个国家也不大可能为恐怖分子提供核武器。主权以及国家荣誉是跟核武器的生产紧密联系在一起的。将此资源与恐怖分子分享，就会给超出一个国家所能掌控的一些组织极大的权力——就有如把总统官邸的钥匙送给本·拉登一样。
>
> 即使是在最不可能的情况下，核武器落入了恐怖分子手中，也只是一次性的灾难，而不是持续性的威胁。而通过传统的方式去散布放射性炸弹也是同样的道理。不，真正威胁是来自由小团体所策动的、基于生物技术制造出来的大规模杀伤性武器。与核技术不一样的是，生物科技的知识以及工具已经分散到全球各地了，而其可以产生的力量则正在呈现指数性的增长。

（下一章我会提到罗布关于生物科技的观点。我认为关于伊朗，不管他们是否对核武器有渴望，但他们确实是需要核电的，并且这可以让世界有谈判的筹码去监督伊朗如何使用核科技。）

*

过去几十年，关于反核扩散的努力在过去几年里融汇成为一个统一的、包罗一切的战略——发展一个国际能源银行。这一银行的目的是紧密监控世界市场上核燃料与核废料的动态，以防止任何非法的浓缩铀或重新处理核废料的行为。核燃料与核废料本身是没有爆炸能力的，因为它们浓度太低了。很多国家实际上会愿意把核燃料的再处理外包给别人，因为这样的操作非常昂贵而且不易控制，假如他们可以把自己国家的核废料通过他国的资源或者服务来处理的话，对于这些国家来说会是大大地松了一口气。而作为国家，只需从一些可信的国际机构那里租借核反应堆所需的核燃料，就像送牛奶的工人送来牛奶同时拿走牛奶瓶一样。

这正是GNEP（全球核能伙伴项目）背后的想法——这也许会成为小布什政府的一个福荫后人的政绩。这一项目于2006年被提出，当时受到了反核组织的痛骂，也受到了美国国家科学院的批评。但是很快有18个国家参与到合作项目当中，包括法国、日本、加拿大和英国，它还获得了国际原子能机构的支持，这对于项目监管是极其重要的。GNEP的一部分是要开发出新的防扩散的再处理技术，以及新的核反应堆设计，例如像钠冷快堆那样的技术，它可以自己生产出自己需要的燃料，减少核燃料的运输，同时减少用过的核燃料的量和降低用过的核燃料的寿命。不管GNEP是否会成功，它不过是多个已经被提出并且获得了资金的国际核燃料循环利用项目当中最有野心的一个。这些项目当中的一个或者多个组合到21世纪10年代的时候将会被投入使用。奥巴马总统也于2009年在布拉格向全球的观众宣布了他对核燃料银行项目的支持。

*

法国之所以在20年内能够建设整整56座核反应堆并以此为全国提供几乎所有电力，其中一个原因是该国有一个有效的核电站建设授权流程，只需4年审批时间，而不是像美国需要12年之久。因此，法国的空气在欧洲是最清新的，法国的电费在欧洲范围内是最便宜的，并且他们还有每年40亿美元的收入，将多余的能源卖给邻国，包括绿色德国以及同样拥有核电的英国（每年有2吉瓦的电力通过英吉利海峡往西输送到英国）。法国于2004年关闭了该国最后一座火力发电站。与美国相比，法国的人均二氧化碳排放量要少70%。

美国也学到了东西。美国核能管理委员会也采取了法国的做法，对核电站的设计进行标准化并且采取了一个逐渐在中国台湾、日本、韩国兴起的审批程序。核反应堆制造商可以让他们的设计得到预通过。来自西屋电气公司的一座下一代反应堆已经获得了通过，另外两个分别来自阿海珐和美国通用电气公司，反应堆选址则正在审批过程中。很多核反应堆选址已经存在了，这是20世纪70年代核繁荣遗留的产物。一旦要修建一个核电站，就只需申请一个建造和运营的执照，而核能管理委员会则有3年的时间来做批复，是通过还是驳回申请。拿到数据，聆听各种批评声音（包括来自环保人士的声音），做出调整，做出决定，而后就开始。有了标准化的设计和标准化的零部件，大型核电站应该可以在4年时间里建好。

这就是我们所需的应对气候变化的行动攻略。并且这一攻略也应当被应用到其他与温室气体排放相关的领域，包括可再生能源技术、交通、农业以及城市设计。

为了获得那样的加速，美国国会于2005年通过了《能源政策法》，其中对风能、太阳能、地热、生物燃料、海浪发电、潮汐发电、洁净煤、能源有效利用与保护以及核电都有鼓励措施。《经济学人》杂志对此进行了概括：

这一法案对新建的核反应堆给予四种不同形式的补贴。其一，最先获得建设许可的6座核反应堆，以及开始动工的核反应堆可以获得最多为20亿美元的保险，以应付常规的拖延和法律诉讼。其二，它延伸了旧时的一个法案，并规定在发生核事故的情况下，核电厂最高承担的责任不超出100亿美元的范围。其三，新建的核反应堆所发出的第一个6000兆瓦的电力，可以获得1.8%的税收减免。其四，也是最为重要的，这一法案将提供数额未定的贷款支持新的核反应堆以及其他使用“创新”技术的发电厂。

这一法案也为第四代核反应堆（目前在美国运行的核反应堆属于第二代，目前正在修建的被称为第三代，因为它们有更好的内置安全设施和更优的效率）的研究预留了资金。第四代核反应堆到21世纪30年代才会投入商业使用。通过降低建设及运行成本，它追求最大的可持续性，有超高的燃料利用率，废料将大大减少，而且放射性周期会变得更短，还有可以产生氢气或为海水去盐化的高温。它的目标是永久地解决现在的核反应堆所面临的四大问题：安全性、成本、废料以及核扩散。由10个国家组成的联盟和欧盟正在开展这一研究。

詹姆斯·汉森建议发展第四代反应堆，而美国核电工业已经向政府缴纳了280亿美元的核废料处理费，汉森认为，可以利用这笔经费的一部分用于研发可以消化核废料的快速反应堆，以及钍反应堆，以此来避免生成新的核废料。汉森这里提到的反应堆是一体化快堆（integral fast reactor），这类反应堆能够以核废料以及多余的可用来生产武器的铀和钚，其反应产物就是电。还有是液态氟化钍反应堆。汉森提出，大规模能够使用的核反应堆，也许可以首先在中国、印度、韩国开发出来，因为这些国家的需求是最大的，而美国或者欧洲则提供技术支持。而假如是在美国部署的话，那么类似尤卡山地质处置库那样的设施将因为这种可以对核废料进行回收的反应堆的出现而变得不再有意义。

弗里曼·戴森说："下一代核反应堆将会带来巨大的改变。我特别喜欢洛厄尔·伍德（Lowell Wood）那个钍增殖反应堆的方案，那样的方案可以在50年内都不需要重新添加新的燃料。它会埋在地下深层的地方，当这些钍都燃烧完了之后，它只会留在地下而不会被人接触到。"2008年《核能源进展》杂志的一篇论文有关于这方面情况的详细描述。文章的五位作者最后总结了钍反应堆的优点："不需挖矿，不需进行铀浓缩的操作，没有任何废料要处理，不需二次处理或者废料储存设施，因为反应堆所在的容器就是最为稳健的核废料存放箱。"

*

最有潜力的新型核电是微型反应堆。他们直接满足了艾默里·洛文斯所提出的分布式微型电站的设想（"成本最低、最为可靠的电力通常是最靠近消费者的电力"）。它们在成本和建设工期方面比吉瓦级别的标准核电站要低得多，并且其所需的开发周期也比标准的核电站短得多。

现在俄罗斯正在修建35座兆瓦级别的核反应堆，并且这些反应堆都是漂浮在驳船上，将于2010年开始交付使用，这些驳船将会漂荡于最近才开始出现的北冰洋海面，而一些发展中国家的客户也会从俄罗斯那里购买一些驳船放在一些边远的海滨渔村那里使用。而日本的东芝公司则研发出了一种10兆瓦到50兆瓦的"核电池"，该公司称为4S，意思是"超级安全、小而且简单"——预计在2015年的时候即可投入市场。而位于加州的劳伦斯·利弗莫尔国家实验室则设计出了一种20兆瓦的核反应堆，代号为SSTAR，意思是"小、封存完好、可以运输的自动核反应堆"。这些小型机器可以直接通过货车运输，并且可以埋到地下，不需要使用燃料，也不会有废料产生——只需要过几十年后把这些核反应堆本身更换掉即可。

新墨西哥州有一家叫海珀龙的公司正在修建25座兆瓦级别的核反应堆，基于洛斯阿拉莫斯国家实验室设计的氢化铀方案。该公司称他们已经接到了100个有效订单，每一座核反应堆他们报出的造价是2500万美元。另外俄勒冈的一家名为纽斯凯的公司则声称他们有40座兆瓦级别的轻水反应堆，并且这些反应堆在2015年的时候就可以投入使用。此外还有南非研发的卵石床模块式反应堆，其设计可以防止核泄漏，并且可以放入地下进行操作，发电功率可以高达100兆瓦。

*

在我看来，环保人士将逐步意识到，核电将成为我们的选择，不管我们做什么来干预，这都将是通向环保新纪元的开始。我们一些人对核电的抵制可能会使得它发展得更坏、更慢、更昂贵、更缺乏系统，以及在整体上缺乏良好的协调。但假如我们用合适的方式去鼓励核电的发展，这将会减少人类向大气排放的二氧化碳；我们可以使核电与其他零碳排的能源形式协调发展；它可以促进其他绿色服务的发展，例如海水淡化；此过程中铀和钍从地底采掘出来到重新回到地底不会带来更多的污染；能使得消除核武器的进程加快；它可以安全地为城市供应电力，并且因此可以减少全球贫困；而且假如有其他更好的东西出现的话，也可以很容易地转换为新的能源生产方式。

稍有理智的环保人士应当考虑努力去推广一流的微型核反应堆，并且帮助这些反应堆寻找到主顾。我们也许可以坚持在下一版的《京都议定书》里不再重复否认核电可以减少碳排放量这一事实。我们也许可以倡议对不同形式的核反应堆设计进行开源，使得大众可以参与到调试当中，并且以此增强信任。我们也许可以鼓励在商用船上使用核电驱动，这些船目前占据全球温室气体排放总额的4%，是飞机交通排放量的两倍。当我们在推广电动车的时候，我们也许会发现，电动车要降低碳排放量，前提是它们的电力是来自绿色能源的，例如核电、风电、水电或者太阳能。

假如氢作为燃料可以用于商业层面，那么我们可以支持高温的第四代专门为氢设计的核反应堆。同样的机器也能做海水淡化，海水是消耗能量最大的水，它也是可以为沿海居民提供饮水的最不会对自然造成损害的办法。我们开始时以为煤像当年的核电那样可怕，可以给系统带来长期的威胁。我们需要密切地监测煤炭所产生的实际影响并且保证它们能正常工作。为了鼓励公众对核电的信心和熟悉程度，我们可以效仿瑞典和法国的做法，开放所有的核反应堆让公众参观。（有1/3的瑞典人都参观过核反应堆，这也说明为什么该国有八成的人都赞同继续使用核电。）

对于那些依然对核电持怀疑论的环保人士而言，我们也许可以引用戈尔的导师罗杰·雷维尔的研究成果。他发起了对大气二氧化碳研究，正是该项目的研究成果第一次揭示了对气候变化不能忽视的真相。雷维尔称核电会比其他的能源形式更为仁慈。他说：“我们需要做的是向法国和日本学习。”他们对此没有任何的恐惧。“我们甚至还可以鼓励塞拉俱乐部，他们于20世纪60年代末期曾提倡使用核电，而在20世纪70年代初期，他们将核电看作比水电还要好的选择。他们当时是正确的。”

*

大气层对所有人类活动的总和做出反应。而美国在核电方面的作为并不是最重要的事件。

南非贫民窟运动组织是一个致力于维护贫民窟居民利益的组织，他们声称：“电力并不是某种奢侈品。它是一种基本人权。对于孩子们做功课、家里煮饭或者取暖、手机充电、通过电子通信工具（例如电视辩论、电子邮件等）参与国家辩论、让妇女感到安全的路灯，以及帮助扑灭那些曾吓到我们的大火，电力都是必需的。”

印度有一半人生活在没有电网的世界里。只有通过一些货车将发电机带进村子里，村民才能用上电。《纽约时报》的一篇文章讲述了其中一个村的命运：

> 查凯哈特村过去每天至少有几个时段是有电的，而这给他们的生活带来积极影响。小偷少了，因为村子里亮了起来。政府也安装了水井，帮助农民灌溉。碾米机也出现了，并且提供了新的工作。
>
> 这样的繁荣持续不多久，大雨损坏了输电线。碾米机也关了。黑暗再次笼罩了整个村庄。

现在有5/6的人生活在发展中国家，2010年，这一数字为57亿。不管通过怎么样的方式，穷人都会用上电。而这些电从哪里来决定气候将发生什么变化。

有关本章节的更新、附带资料以及插图，请见链接http://discipline.longnow.org/。

---

1. PCB，即polychlorinated biphenyls，是化学物质多氯联苯的英文简称。该物质呈流动的油状液体或白色结晶固体或非结晶性树脂状，燃烧具有一定毒性。——编者注
2. CT，是指电子计算机X射线断层扫描技术。CT检查对中枢神经系统疾病的诊断价值较高，应用普遍。——编者注





第五章

绿色基因

我们有很多可以替代杀虫剂的害虫防治方法。其中有些已经有人在使用并且取得很好的效果了，另外一些则处于实验室测试阶段，另外还有一些还在科学家的构想当中，他们在等待合适的时机来进行测试。所有这些的共同特点是：它们都是生物控制，是基于对要控制的生物的了解以及对这些生物所依存的整个生命圈的了解进行的。来自生物学不同门类的专家都在为此做出贡献——包括昆虫学家、病毒学家、遗传学家、生理学家、生物化学家、生态学家——他们都投入了他们的知识以及创意来创建出关于生物控制的新科学。

——雷切尔·卡森（Rachel Carson），
《寂静的春天》（1962）

我敢说，环保人士对基因工程的反对态度所带来的危害远胜于他们在其他方面的错误。我们因此令很多人挨饿，阻碍了科学的发展，损害了自然环境，并拒绝了一个非常重要的工具。当我们在捍卫那个非常荒谬的“自然”概念的时候，我们抛弃了当年雷切尔·卡森鼓励我们追求的东西——关于生物控制的新科学。我们使自己看上去跟那些鼓吹“智慧设计”或提倡废止干细胞研究的人一样失去了理智，并且我们还向公众和政策制定者灌输这样的非理智想法。

农学家、生态学家、微生物学家还有遗传学家，他们的研究正帮助我们实现雷切尔·卡森的梦想，我们最需要的就是他们的帮助，才有可能发展出一种深度且永续的农业。但我们对专家的意见充耳不闻。

*

当20世纪70年代基因工程以DNA重组的面貌诞生的时候，看到很多人对此产生巨大恐惧，我感到非常吃惊。我是学生物学的，我知道基因一直以来都是可以互换的，特别是微生物的基因。我们不是创造了一种新技术，我们只是学会了微生物自35亿年前就已经掌握，并且沿用至今的一种古老技术。这些年来，我采访过很多人；我发现，凡是职业的生物学家基本上对基因工程都不害怕。他们大多数人都将这一技术应用到他们的研究当中，因为这一科技正在改变生命科学的方方面面。

有些行动者反对针对作物进行基因工程，他们会摆出诸多观点，以展示在他们看来基因工程必然会带来的一些生物学危害，但非常奇怪的是，这些论述都缺乏必要的生物学背景。超级杂草！过敏！基因漂流！转基因新品种！意想不到的新东西！当民众在喊“我的天啊”

的时候，生物学家只能表示困惑：“为什么呢？”反转基因人士提到的这些“危害”都是正常的，不论是在野生环境下还是在农田里。假如是野生环境，你可以研究它。假如是在农业生产环境或者生态恢复环境下，你可以改变参数以满足你的需要。基因工程可以帮助我们更准确、更高效、更大范围地实现目标，这些就是所有新的东西。跟核电一样，那些知道得最多的人是顾虑最少的。

这里我将讲述一些关于基因工程的相关生物知识，帮助大家理解为何基因工程是好事，对环保分子而言更是如此。

先讲一下下文中的一些写法，除了引用部分，下文我将直接用GE这个缩写来指代基因工程，而不是用现在依然流行的GM。GM通常是指代“基因改造”，有时是指“基因操作”，但是这个词适用范围太广了。所有的进化、所有的农业和所有的选择性育种，都是基因操作，并且从来都是如此。GE则指明是基因工程，是一个更细的学科。跟选择性育种不一样的是，基因工程会探索和决定某些特征的基因，然后会直接对基因进行处理。而杂交则通常只能局限在现有的生物或物种

的基因组所包含的特性或者是基因的基础上来进行。而基因工程则可以去找寻一些关系更远的生物。基因工程的一个同义词是转基因。

但是，人们往往就会对此感到恐惧。“要在草莓里加入鱼的基因？那不可能是正确的做法吧。”一直以来的那种恐惧都会浮现出来，人们会想到嵌合体，想到怪兽，想到多一个或少一个指头的新生儿，想到开放性脊柱，想到那些会给正常种子带来破坏的坏种子。一旦这东西被放开之后，就不能收回了。这是违背自然的。这纯粹是人类的傲慢，并且最终会被惩罚的。

（带鱼味的草莓的故事后来被证实是谣言，但是却一点儿都不能减弱其带来的影响。就跟其他好故事一样，部分原因是人们将不同的东西混为一谈了—20世纪90年代的时候，有一种转基因西红柿，名为Flavr-Savr，人们向西红柿的基因组里加入了一种细菌的基因来减慢西红柿成熟的过程，并且很受欢迎，但是因为运输上遇到了很大困难，并且其味道也不怎么好，于是这个品种就消失了。1991年，有人尝试将比目鱼基因植入西红柿，希望培育出一种抗霜冻的品种，但也没有成功。事实上是从没有过哪一种草莓里是含有鱼的基因的。）

*

围绕着基因工程的整个争端，起源于DNA重组技术取得了突破的20世纪70年代——本来应该在那时候获得解决。这个技术当时叫“基因拼接”，当时有了其他一些发现和发明作为铺垫，到1974年的时候，这项技术走向成熟，可以将来源不同的各种基因混合起来，甚至可以有人的基因，也可以有细菌的基因。当时最初的一种应用是拿来生产用于治疗糖尿病的胰岛素，因为这种方法更廉价、更安全，可以批量生产。人们都意识到这个会成为非常强大的一种技术。有些科学家则担心一些可能存在危害性的细菌会因此被创造出来，于是他们提出要暂停DNA重组技术的研究，直到危险因素被排除为止。

当这个消息被媒体曝光以后，一部分民众就开始歇斯底里地恐慌起来。宗教组织和环保人士更是决心要打赢这场战争。他们认为，科学家在扮演上帝，并且只会创造出令人厌恶的怪物。环保人士说，他们会创造出恶魔生物，并且危害到所有的生物。人们认为世界上还会出现抗胰岛素的流行病和肿瘤瘟疫。剑桥市以及贝克莱市——它们都是拥有一流大学的城市——两市市议会都通过法案禁止DNA重组技术的研究。美国国会也开始立法对此类研究加以限制。

正是在这样的背景下，有了1975年召开的阿西洛马会议，会议在加州举行，旨在探讨DNA重组技术。有来自世界各地的146位遗传学家和相关行业人士参加，他们在会上探讨如何规范对此项技术的研究。他们草拟了一系列的实验室监护规范，并且规定只允许使用在实验室外无法生存的生物进行研究。有些实验则被彻底禁止，例如对病原微生物基因的实验。这些指引其后得到了美国国立卫生研究院的认可和执行。

开这个阿西洛马会议是好事吗？这个问题当时有很多争议，现在也是。而我正好有机会在一开始的时候就从内行的角度看这个问题。

当时我给加州州长杰里·布朗（Jerry Brown）当助手，我的其中一个工作是给他安排会见一些知名学者。布朗的看法是："政府也许不是最先知道一些重要的新想法，但政府不该在所有人后面才知道这些想法。"因此，每隔几个星期，我都会花几天时间迎接像组织管理大师彼得·德鲁克（Peter Drucker）、未来学家赫尔曼·卡恩（Herman Kahn）、农民诗人温德尔·贝里（Wendell Berry）、媒体专家马歇尔·麦克卢汉（Marshall McLuhan）这样的人。1977年，也就是阿西洛马会议两年后，加州立法机关威胁要对本州的DNA重组实验立法进行规范。于是，DNA结构的发现者、冷泉港实验室的主管詹姆斯·沃森（James Watson）就被邀请到政府部门座谈。沃森是早期签名表示要支持暂停DNA研究的一位学者，他也帮助筹办了阿西洛马会议。

沃森为州长、州长助手、立法议员以及媒体人士做了一个简短的演讲，他说道：

> 我的观点是，我不认为DNA重组实验对公众的健康存在重大或者是可见的威胁，因此我不认为有必要立法。作为科学家，我研究DNA已经有30年；而作为一个实验室的主管，我对我们实验接触到的病毒也有道德和法律上的责任，我肯定会考虑这事情……
>
> 对于大部分医学微生物学实验而言，一旦你使一个细菌或病毒被驯化，使之在实验室环境中生长，它就失去了病毒性。生物化学家通常都很长寿。（而有机化学家则不是这样，他们的寿命比平常人短5岁，因为他们在实验室总是遇到闻起来很不爽的气味，这些气味是有损健康的。）
>
> 我们听说大肠杆菌病毒通过DNA重组将要获得一个导致纤维素酶的基因。假如说大肠杆菌获得纤维素酶有什么进化上的好处的话，那么它就会干掉人类，并且它现在肯定已经做到了，不管是通过病毒传播还是其他方式。进化总是在为特定的生物筛选出适合它们在某种特定的生态位生存所需的基因。我并不担心会出现“怪物”……
>
> 有人说阿西洛马会议制定的指导方针是变化无常的。我认为这些人才是真正变化无常的。我们现在已经在预防政策方面浪费了2500万美元，并且这一数字还将攀升至1亿美元。我认为这是除去建造核辐射避难所以外，联邦政府财政支出方面最大一笔浪费。为什么对于本来没有危险的领域要加以控制？我完全同意公众应当参与到他们可以获得事实说明的讨论过程中，但我们的传统是，除非你看到了火灾，否则我不会喊失火。

后来我们知道，沃森是对的。关于分子生物学历史的权威图书是霍勒斯·贾德森（Horace Judson）所写的《创世的第八天》（*The Eighth Day of Creation*，1996）。贾德森的报告指出，在阿西洛马

会议后一年，“科学家们的恐惧正在迅速地消失。所有当初呼吁暂停DNA重组实验以及呼吁召开阿西洛马会议的生物学家现在都认为，危险性当初是被大大高估了，而由此带来的实际影响却是有害的。在之后的20年里，这一标准在慢慢地放宽”。而DNA重组技术——基因工程——继续对药品研究带来变革，也改变了生物学的每一个分支，还成了多种其他学科（包括化学、罪案侦查、人类学以及农学）的重要工具，并且都没有带来任何一点儿危害。

如此说来，阿西洛马会议是有意义的吗？我会说，是的，但它更多具有政治意义而非科学上的意义。科学家们所设定的指导方针远远比政治家们所能设定的要精细和准确得多，并且这些指导方针还可以逐年修订，以反映实际科学研究的进展。与此相比，政治家定的指导方针不但不能有微调，甚至连任何修改的余地都没有。最近美国政府通过简单的立法禁止大多数人体干细胞实验就是经典的例子。而那些参加阿西洛马会议的科学家则预见到了政治家可能采取的这种愚蠢做法，他们自己及早承担了公众责任，并且与时俱进地继续承担这一责任。

*

一位很早就采取了这种新的遗传技术的科学家是布鲁斯·埃姆斯（Bruce Ames），他是加州大学伯克利分校的生物化学家。他当时要解决的问题是，工业系统经常会排放大量新的化学成分到环境中，却事先没有经过毒性测试。假如用老鼠来做这样的毒性测试，需要花两年的时间，每测试一种化合物所需花费会高达75万美元。要知道，每一年就有1000多种新的化合物排放出来。

因为他相信任何可以导致癌症的化学品也会导致基因突变，埃姆斯会培育出一种特殊的菌株，使它们可以用作备用品来进行毒性测试。他会找来沙门氏菌，并且非常巧妙地做出一些设置，使得那些细菌在浸满了某种特殊营养液的培养皿里快速饿死，除非它们发生突变

并且开始去吃那些营养。他会将一滴化学物质滴到培养皿里去。假如两天之后，沙门氏菌的后代在培养皿里繁殖得很好的话，就表明是化学物质带来了突变，并且很有可能也产生了癌症。虽然埃姆斯花了10年时间才研究出这种测试方法，但他还是把用到的沙门氏菌菌株以及其方法公布了出来，没有去申请专利，从而使得任何人都可以使用这一技术。以往人们做动物测试需要花费两年的时间以及数十万美元的成本，而埃姆斯的测试则只需两天时间，并且其成本仅仅为250美元到1000美元。这一方法成了毒性测试的标准方法并且沿用至今。

埃姆斯实验的成功导致了地球之友内部出现了分歧，这是由戴维·布劳尔（David Brower）于1969年创立的一个环保组织。到了20世纪70年代，当地球之友迅速成长，其影响也在扩大，还在国际上发出声音的时候，他们发起了一个反对基因工程的行动。地球之友顾问委员会的两位著名的顾问提出反对，并且最后当他们的意见得不到尊重的时候，离开了地球之友。他们分别是刘易斯·托马斯（Lewis Thomas），他是《细胞的生命》（*The Lives of a Cell*）一书的作者，也是斯隆－凯特林癌症中心的主管；另一位是保罗·埃利希（Paul Ehrlich），他是当时最有影响力的持环保激进观点的科学家。我当时正好拿到埃利希写的抗议信，并且把它发表在《共同进化季刊》上。

埃利希写于1977年的这些文字现在依然适用：

> 亲爱的朋友们：
>
> 作为一名职业的生物学家，我对于地球之友以及其他一些环保组织反对DNA重组实验的态度感到越来越关切……作为一名进化论者，我对于由此引发的一些争议感到相当沮丧。人们说，这一研究应当停止，因为它是在“干预进化”。人类一直在干预进化的过程，很长时间来都是这样，并且我们用不同的方法在干预。当我们开始驯养植物和动物的时候，就已经在对进化带来重大的

改变了。之后，我们每次改变环境的时候，都在干预进化。大体而言，DNA重组的研究并没有对这样的干预带来多大的风险——虽然它会加速我们干预进化的速度……

我们必须明白的一点是，实验室里的任何一种创造都需要和大自然千百万年的进化所产生的产品进行竞争，而自然进化的产品是有相当大优势的。此外，有证据表明，细菌群体内部一直在进行DNA交换，甚至它们会和真核生物（更高级的生物）进行DNA交换。

在我看来，DNA重组技术的最大前景是它可以用作分子遗传学的一种工具——也是达到科学最高目的的一个工具，也就是理解宇宙以及我们自身……假如说人们因为担心DNA重组技术会被用作邪恶而非友好的目的而终止其研究，那其他所有的科学都会面临类似的责难，那将意味着基础研究的止步。假如我们真的做出那样的决定，那就意味着人类要放弃科学带来的好处，而这对于一个人口高度密集的地球而言是不可承受的代价，因为我们需要依赖先进的科技才有望走向一个“可持续发展的社会”……

对于环保主义者和地球之友董事会而言，一个可以带来启发的研究是伯克利的布鲁斯·埃姆斯对沙门氏菌所培养出的试验性菌株的研究，这个技术可以用来检测化学工业里创造的合成有机物的毒性。假如你对此科学背景有了解，必定会清楚这是环保主义者近几十年来所获得的最为有力的一个工具。但埃姆斯的研究却因为对沙门氏菌做DNA重组实验遭到禁止而止步不前。这样一来，地球之友实际上是在阻挠对人类历史上最有潜力的监测环境毒性的工具的研究。

*

就是那个时候，环保主义者在基因工程这事件上抛弃了理性。保罗·埃利希因为抗议而离开地球之友30年后，地球之友和其他所有我认识的环保组织依然在反对基因工程。他们当中大多数会反对转基因

作物，他们因此还创造了一个词，叫“弗兰肯斯坦食物”。人们自古以来就对饮食非常挑剔，并且会对“错误的”食物大吐口水，我想也许这是问题的核心，假如环保人士意识到食用转基因食物是安全的，他们的抱怨就会消失。我们就从这里开始吧。

历史上最大的饮食实验从1996年开始。生活在北美的所有人大胆地食用大量的转基因作物。（现在，美国70%加工过的食物含有转基因的成分，它们大多数是玉米、油菜籽，以及大豆；差不多半数的玉米田种的是转基因玉米，我们吃的蛋糕、薯片和玉米饼都是转基因的；我们所吃的半数的糖也是来自转基因的甘蔗。）与此同时，生活在欧洲的所有人——他们相当于控制组——选择不食用含转基因的农产品，他们甚至还禁止所有转基因食品的进口，并且为此付出了相当大的经济代价。这一实验规模相当庞大，而且结果也出来了，但人们没有发现实验组与控制组有什么差别。

彼得·雷文（Peter Raven）总结实验结果说：“根本就没有任何科学证据表明我们有必要去担心转基因作物的安全问题。有千百万的人吃过转基因的食物了，还没有人因此生病。差不多所有的啤酒和奶酪都是用转基因的微生物发酵出来的，但没有人对此有任何抱怨。”

（彼得·雷文是谁呢？他是密苏里植物园的主管，过去40年一直从事这项工作。他被认为是“世界领先的园艺家、环保教育和生物多样性专家之一”。他几乎获得过所有的环境类奖项和国家科学奖，《时代》杂志称他是“地球英雄”。）

雷文显然还有其他支持者。联合国粮农组织发表于2004年的一篇报告指出：

> 转基因食物的安全性问题已经经由国际科学理事会（ICSU）审定，其审核的依据是来自全球各地的50位权威独立科学研究报

> 告。目前市场上可购得的转基因作物——以及由此做出来的食物——被确认是安全而且可食用的，实验方法也被认为是正确的。
>
> 全球范围内有数百万人食用了由转基因作物（主要是小麦、大豆和油菜籽）制造的食物，截至目前，尚未观察到有不良反应……
>
> 在传统食物里会出现过敏因子或毒性因子，人们吃了这些食物可能会产生不良反应。由此有人担心转基因的作物会带来浓度更高的这些因子。但对于目前市场上的转基因食品的深度测试皆没有得出支持这些担心的证据。

结论是：“截至目前，尚未在世界上任何一个地方发现有人因为食用转基因食物而导致中毒或营养不良的反应。”

这是2007年发表于英国《展望》杂志的一篇文章《真正的转基因作物丑闻》（*The Real GM Food Scandal*）中的综述：

> 事实是，目前没有任何证据说明转基因作物对人体有危害。世界上每一个科学研究机构——有来自印度、中国、墨西哥、巴西、法国、美国以及英国皇家科学院的目前行内领先专家，分别发表了关于此议题的四篇报告——都证实了这一点。独立研究的结果指出，转基因作物相比传统的作物不会对人体带来更大的危害，而传统作物还不需要经历如此严格的测试。2001年，由欧洲委员会拨款支持——而非行业拨款——的81份科学研究表明，没有发现证据表明转基因产品对人体或环境带来危害。他们为此做了15年的研究才得出这一结论。

*

科学研究的结果就摆在这里了。问题是，那些反对转基因的环保人士会怎么做？有些人直接否认这些科学的存在。2008年2月，英国

《生态学家》（*The Ecologist*，取这名字是不准确的）杂志的编辑如此写道："（政治家）确确实实可以说，他们从没有看到任何数据显示吃转基因食物对人体有害，因为根本就没有人做过这方面的研究。"有人说科学是无关紧要的。约施克·菲舍尔（Joschka Fischer）是德国绿党的一位领袖，也是1998年到2005年间的德国外交部部长。2001年的时候他曾这么说："欧洲人不想要转基因食物，就这么简单。研究结果表明什么并不重要，欧洲人就是不想要转基因食物，我们需要尊重这一点。"

一个奇怪的事实是，由于转基因食物受到如此严格的监管，它们反而比传统食物和有机食物更安全。在美国，要在土地上新种转基因作物，需要经过美国食品药品监督管理局、美国国立卫生研究院以及美国国家环境保护局的测试。与此相比，那些由农民自己杂交的新品种则无须经历如此复杂的程序。

我们来看看猕猴桃的案例吧。它是中国醋栗用传统方法杂交而成的新品种，经过新西兰人的大力推销，现在风靡全球。但正如以色列植物科学家乔纳森·格雷塞尔（Jonathan Gressel）所指出的："假如猕猴桃是通过转基因的方法培育出来的，估计它就不会被放到我们的餐桌上了。有极少部分人会对猕猴桃产生过敏反应，其症状会表现为局部口腔过敏综合征，甚至是可以致命的过敏性反应，他们吃下果子以后几分钟就会产生这样的反应了。"（花生、贝类、小麦、奶制品以及其他常见的食物都会让人产生过敏反应。但未来人们有可能通过基因工程的方法使得人们吃这些食物不再有过敏反应，并且我们确实应该这么做。佐治亚大学的研究人员已经在开发一种人吃了不会发生过敏反应的花生。）

很多植物是有毒的，因为它们遇到捕食者和竞争对手的时候是不能逃跑的。它们必须就地奋起反抗。它们会用脊柱来应对敌人，用铲子来对付竞争，用毒性来对付所有敌人，包括人类。有机农夫拉乌尔

·亚当查克（Raoul Adamchak）说："我发现绿色的马铃薯可以用来做很好的老鼠药。有一天我就到一个有机温室大棚里，发现了几株绿色的马铃薯旁边有三只死老鼠。"他的妻子是遗传学家帕梅拉·罗纳德（Pamela Ronald），她说："经由传统方式培育的作物里的毒性目前为止一直处于上升趋势，但没有看到有商业化的转基因作物发生类似的现象。"

布鲁斯·埃姆斯曾对一种取样的煮过的有机咖啡里的1000多种天然化合物当中的27种进行毒性测试。他和他的同事发现，其中有8种化合物是没有毒的，但是其余的19种则会导致老鼠患上癌症——它们分别是：乙醛、甲醛、苯、呋喃、苯乙烯、甲苯和二甲苯。"平均来说，每位美国人所吃的东西里包含了5000种到10000种不同的天然杀虫剂。"

遗传学家尼娜·费德罗（Nina Federoff）在《厨房里的孟德尔》（*Mendel in the Kitchen*，2004）一书里写道：

> 利马豆含有一种化合物，它在人体内被消化之后会分解成氰化氢，它是一种有毒物质。芹菜有毒补骨脂素，可以引起皮疹。此外，补骨脂可以将DNA链彼此交链起来，并且引发癌症。花椰菜有一种化学物质可以使甲状腺肿大。胡萝卜含有神经毒素和致幻剂。桃子和梨可以导致甲状腺肿大。草莓中含有一种化学物质，可以防止血液凝结，也可能导致无法控制地出血。豌豆、大豆、谷物、土豆中含有凝集素，可以引起恶心、呕吐和腹泻。

但所有东西都是要看剂量的。你需要吃上400根胡萝卜，其所累积的毒素才会产生神经毒素。（我就知道有一个食物狂人坐着小船从加州去夏威夷，路上只是靠吃胡萝卜果腹。他到了夏威夷的时候，眼睛都变成了橙色，并且他也产生了幻觉。）

尽管如此，还是放心地吃蔬菜吧。蔬菜里除了有轻微的毒素以外，还有相当重要的微量营养素和抗氧化剂。布鲁斯·埃姆斯发现，癌症的主要成因之一是饮食不平衡：“人口当中有1/4比例的人群吃水果和蔬菜数量最少，相比人口当中吃水果蔬菜吃得最多的1/4的人群，前者患癌症的概率是后者的两倍。”（有些研究毒物兴奋效应的理论家推测，人们吃蔬菜是有好处的，因为蔬菜所包含的微量的毒素可以使得我们体内的解毒机制保持运转，从而保持健康。）

值得记住的是，在玛丽·雪莱（Mary Shelley）所写的《弗兰肯斯坦》这个故事里，弗兰肯斯坦博士所创造的怪物是一个被人们所误解的好人，并且被受惊的大众错误地妖魔化了。当然，那是一个修辞学的说法，没有什么意义。同样，“弗兰肯斯坦食物”这个词本身也是没有意义的。

*

生物学家不会对转基因感到惊慌是因为他们知道，相对于生物进化过程中所发生的各种混乱以及农业上几乎不受控制的杂交而言，转基因不过是一个小小的插曲。就拿人类自身的基因来说吧，科学记者卡尔·齐默（Carl Zimmer）写道：“科学家发现，在人类的基因组当中，有9.8万种病毒，以及来自其他15万种物种的进化残余。假如我们将人类基因组当中的转基因DNA清除掉，人类也就不复存在了。”（下一章对此会有更深入的讨论。）

自从人类于7万年前第一次走出非洲以来，人类的进化就一直在加速发生，特别是当我们开始与农业共同进化之后，这一速度进一步加快了。不同的种族是两万年前才出现的。因为农业使得我们可以有更多人口，人类进化的速度增加了100倍。人类的基因组当中有7%的基因都是最近才演化出来的。人类学家约翰·霍克斯（John Hawks）说：“一万年前，没有人是蓝眼珠的。为什么蓝眼珠的人相比于那些不是蓝眼珠的人在生育后代方面有5%的优势呢？我也不清楚。”（我个人

对此的推测是，当时有一些男女认为蓝眼珠的人更为性感。）犹他大学进化生物学家格雷戈里·科克伦（Gregory Cochran）说：“历史越来越像是科幻小说，新的变种不断地出现并且取代正常人——有时候是悄无声息地发生，例如在饥荒和疾病中生存下来，有时候是通过征服发生。而我们就是那些变种的后代。”随着全球化和都市化，各地的人种杂交更频繁，使得进化可以有更多选择的可能。整个地球都在变成一个充满具有智能的变种的星球。

克雷格·文特尔（Craig Venter）是最早破译人类基因组的人，他指出，人类基因组里只有3%的基因是由可以生产蛋白质的基因组成，而其余的都是“控制区域、DNA化石、锈迹斑斑的古老基因、重复出现的序列、寄生DNA、病毒以及神秘的我们还不知道是什么东西的片段”。（文特尔非常小心，从来没有使用“垃圾DNA”这个说法。）其中有一个非常自私的基因还复制了100万个自己，占据人类基因组的10%；这个基因似乎除了复制以外就没有其他功能了。从基因的角度来讲，人类是一堆快速变动的烂摊子，其他生物也是这样。

*

人类第一次做基因改造——也就是农业——是一个全球性的事件。当时人类在全球范围内至少10个地方开始对植物的基因进行改造。整个过程是渐进的，一开始是有选择的采集，而后是小规模到大规模的翻耕，而后是灌溉以及作物轮作，并且是针对一些经过选择的品种。让我们给这些杂交出来的品种唱一首赞歌吧！来自美洲的作物是：南瓜（于10000年前首次人工种植）、玉米（9000年前）、马铃薯（7000年前）、花生（8500年前）、辣椒（6000年前）；来自中东地区的有：黑麦（13000年前）、无花果（11400年前）、小麦（10500年前）、大麦（10000年前）；来自中国的有：水稻（8000年前）、粟（8000年前）；来自新几内亚的有：香蕉（7000年前）、山药（7000年前）、芋头（7000年前）；而来自非洲的则有：高粱（4000年

前）、珍珠粟（3000年前）。人类对许多植物的基因进行了重新排列，使得整个世界也因此发生了改变。

有些反对转基因的积极分子声称要保护农作物基因组的“自身完整性”。然而到底什么是完整性？农作物自身基因组并不具有“完整性”，它们是人类“修修补补”的产物，与其野外亲缘种的相似度并不十分高。植物学家克劳斯·阿曼（Klaus Ammann）指出，那些通过优良的古老育种法得到的优良老品种小麦的基因组，事实上已经被进行了转基因处理，如“添加了额外的染色体片段，或是整合了整套的外来基因组，也可能是通过辐射诱导突变”。

其实转基因育种在农业上已经有很长的历史。就如哲学家约翰·克莱瑟姆（Johann Klaassen）所说：“马和驴非自然杂交产生了骡，卷心菜和萝卜非自然杂交产生了甘蓝，小麦和黑麦非自然杂交产生了黑小麦，我们却对以上的种种都不感到厌恶。”

有机农夫若泽·贝尔[José Baer，太阳能先锋史蒂夫·贝尔（Steve Baer）的儿子]提出这样的观点：

> 这几千年来，我们已经创造出很多奇怪的作物品种了。一开始我们只是从植株中挑选出我们喜欢的那些用来继续种植。后来我们使用化学诱变的方法加速作物突变，在前所未有的短时间内得到突变种。再后来，我们发明了更有效的辐射诱变技术。而转基因技术则让我们能够选取、拼合性状，不再需要在一堆突变籽苗中找寻具备特定性状的苗株。

作为一位认证有机农夫，贝尔种植了多种由辐射诱变得到的作物品种——使用强辐射照射种子从而得到更多的变异籽苗——自从1927年以来，这就开始成为一种广泛使用的育种方法，有机农场也常采用这个方法。然而，贝尔（作为有机农夫）是不被允许种植任何基因工

程作物的。美国国家科学院在2007年发布了一项比较研究的报告，研究表明，经过γ射线诱变得到的稻米品种系的“非目标基因”受到更大程度的干扰破坏——比转基因的品种系产生了更多非预期后果。有机原则迫使若泽·贝尔使用这些意外后果风险更高的种子。

所有的选育都会导致一些让人意想不到的结果，不管它们是不是被化合物或辐射加速（目前有2000种作物是经过这些处理的）。植物遗传学家帕梅拉·罗纳德说：“选育会遇到的一个问题是，你从一种植物那里获得一个特征，放到另一种植物上，但也会遇到一些你不想要的特征，这叫‘连锁累赘’。但假如我们用基因工程的办法来做，就不会遇到这些问题。”乔纳森·格雷塞尔说：“基因工程可以让你准确地判定在何种环境中，对于某个基因你希望它表现出多少特征。这就不需像传统的选育那样要背上整个基因的包袱。基因工程就像只是娶一位配偶，但没有连带妯娌，而选育则像是娶了一位配偶，而且还带出整个村庄。”用传统的方法来去除无关的基因需要经过几代选育，并且是一个没有选择方向、随机和非常痛苦的过程。

一些不好的特征还会被带到后代。20世纪60年代的时候，雷纳佩（Lenape）马铃薯就是用非常常见的三角黄金马铃薯与一个野生的品种杂交所得，人们希望新品种可以提高作物抗虫能力。雷纳佩确实非常鲜美，并且真的可以抗虫，于是就被人们食用。有人把它做成了极受欢迎的薯条，其他的农民也跟着效仿。但后来有一位农民发现，他吃了雷纳佩马铃薯会感觉恶心，分析表明，它们从野生马铃薯那里获得了大量的糖植物碱毒素。于是雷纳佩马铃薯被召回，但是已经太晚了。市场上依然有13种包含了跟雷纳佩品种杂交而获得同样毒素的马铃薯在出售。

*

1999年，艾默里·洛文斯对转基因做了一个公开表态，表示不支持转基因。这让我觉得非常惊讶。（这里我只是拿洛文斯当一个嘲笑

的对象，因为他的陈述是如此清晰，我觉得可以在此陈列出来，并加以辩论。）他说道："直接向基因组里注射一个外来的基因，就像是向一个生态系统里引入外来物种。"假如洛文斯的背景是生物而非物理，我估计他是不会发出这样的言论的。这样的关于一个基因以及一整个物种的类比是错误的。基因也许是自私的，但是它们还远远不至于像野生的物种那样自由和有活力。一个基因只是一个片段，而一个完整的生命体需要数万个这样的基因才能构成。单独一个基因需要经历所有的生物变化才能发挥其作用。更合适的比喻应当是带故障的计算机程序。而基因工程则是一个对故障的修复，是在合适的地方发挥了合适的作用使得故障得以消失。

我认为彼得·雷文说得最为准确："当人们说到从一个有机体转移一些基因到另外一个有机体时，人们以为老鼠的每一个基因里面都有一只老鼠，因此将基因移植到其他地方是奇怪的想法。"他说："基因不过是些碱基对，三个基因组合在一起就可以生成氨基酸，进而生成蛋白质。许多生物会使用类似或几近相同的基因来做同样的事情。"

基因从哪里来不是很重要，重要的是基因会做什么。

相比选育工程，基因工程的精确度、透明性以及可靠性都高得多，我们还真的需要像凯文·凯利这样的科学史专家来做些思维实验："设想整个次序被倒转过来。设想一下假如我们一直在做的是基因工程，突然有人说：'不，我们要采用新的方法，叫选育。我们将会创造出很多有趣的结合，我们将会用辐射以及化合物来导致基因有新的突变，不管出现什么新的特征，我们都会种植它，最后就挑那些我们喜欢的进行生产，让我们祈祷可以获得成功吧。'人们会对这样一种做法所带来的风险怎么看？"发明家丹尼·希利斯说："人们会说那是基因赌博，并且会禁止这么做。"

在医学领域，20世纪70年代曾被DNA重组技术所引发的恐慌已经消失了。1982年，科学家把一个人类基因放到大肠杆菌里，使得数以亿万计经过基因工程的有机体产生大量的人体胰岛素，并且与传统方法相比，更安全、更低廉。现在，有1/4的新药是诞生于基因工程的——美国有130种，欧洲有87种，并且还在不断加速。我们想都没想就吃下这些药了，但这是有理由的。因为转基因药物跟转基因食品一样安全。

事实上，食品会更安全些，因为食品不会像药品那样发生食用过量或错误混合使用导致的不良后果。

*

“天然食物”，每次听到有人这么说，我的心就纠结起来了。假如我说出声来，我会大力反驳：“什么天然？对于一位生态学家来说，农业产出的任何一种产品都谈不上半点儿的天然！原先好好一个复杂的生态系统，你走到那里，把它分成一块块的长方形，犁平了地面，每天早上早早起来耕作。你清理了原先的泥土，将其翻平整，而后经常给那里灌水。之后你就在土地上种植千篇一律的作物，它们根本没有自理的能力。每一种粮食作物都是某方面的短视鬼，千百年来就通过杂交才获得今天的基因！这些植物是如此脆弱，人们要把它们养起来，有了人，它们才会得到照顾。”

对于一位生态学家或者对于一位盖娅理论的信奉者来说，农业是一场极大的灾难。农业越少越好。彼得·雷文因此说：“除了我们今天所发展的足以养活63亿人的农业以外，没有其他的东西使得更多的物种走向灭绝或者是对地球的生态系统带来更大的不稳定性。”詹姆斯·洛夫洛克说：“在我们今天探讨气候变化的应对策略时，人们还没有考虑到地球有至少40%的陆地面积是拿来种植庄稼的这一事实。一个可以自我调节的星球需要一个可以保持动态平衡的生态系统。我们不可能同时享有我们的作物以及一个稳定的气候这两样东西。”（地

球表面40%的陆地面积可以被分为580万平方英里的永久耕地、1350万平方英里的永久牧场，而剩余3100万平方英里的面积则是用于生态用途。）

基因工程的反对者们怀疑转基因作物会对生态带来破坏，这是合理的怀疑，因为所有的作物都会带来生态的破坏。于是问题就变成了：跟传统的作物相比，转基因作物是带来更大的生态破坏还是生态贡献。这里说的“贡献”是指可以带来更优质的泥土、更多的荒地、与非作物的生物多样性更好地融合，以及帮助更多人走出贫穷以及饥饿（这是社会价值方面的考量）。转基因作物的批判者会重点关注土壤的效果，关注环境当中残留的除草剂以及杀虫剂数量以及可能会带来的超级杂草和超级害虫的问题。已经有科学家对所有这些问题进行过研究了，并且我们已经可以看到研究数据了。

*

每年全球粮食总产量的40%左右会因为杂草以及害虫等而遭到损失。GE（基因工程）作物在减少这类损失上取得了巨大成功，因此《科学》杂志在2007年曾报道：“在过去的11年中，种植生物技术改良作物的地区增产超过60倍，作物转基因技术成为发展迅速的现代农业技术。”其中，增产成功主要归结为转基因作物的以下两个特征——除草剂抗性和抗虫性。

其中，“除草剂抗性”中的除草剂主要指的是草甘膦（glyphosate，发音为GLY-fo-sate），它于1971年被发明；1974年，孟山都公司将其以“农达”的名字推向市场。这是一种神奇的化合物。草甘膦被喷洒到植物叶面时，会使叶绿体中的某种酶失效，如此持续一至两周，就可以使植物因无法正常进行光合作用而“饿死”。直到现在为止，还没有任何证据证明草甘膦会对动物如昆虫、鱼类、鸟类、哺乳类或者是我们人类本身产生作用。当它与土壤结合后，几周内便会降解为无害物质，所以不会像其他类型的除草剂那般污染水

源或者残留在土地上，和其他除草剂相比毒性很小。自1996年起，孟山都公司又推出了一系列“抗农达”作物，如玉米、大豆、棉花、油菜、甜菜、苜蓿，这些都是通过基因工程得到的具有草甘膦抗性的作物。2000年，因为草甘膦已过了专利保护期，价格下跌一半。低价草甘膦的吸引力使得传统保守的农民也动摇了，开始考虑使用这种除草剂。到2007年为止，美国国内超过90%的大豆和超过75%的玉米是具有草甘膦抗性的基因工程作物。

耐除草剂基因工程作物的巨大生态优势是其促进了所谓的“免耕农业”，农民不再需要犁地。上一年所种作物的残梗根茎等留在地里，转化成堆肥或是其他小生物的栖息场所，而土壤也得以固着在原地而减少水土流失。农民可以使用所谓的“直播”方法来直接播种作物（省去了育苗、移摘的步骤），每颗种子被裹上肥料后就被直接播种到还留有植物残梗的田中，等到作物开始发芽时，就往地里喷洒草甘膦除去所有的杂草，但不会伤及抗草甘膦的作物。用这种方式耕作不仅能够高产，同时保持了土壤的完整性与肥力，让土壤充满生机，呈现可爱的团粒结构。吉姆·库克（Jim Cook）是华盛顿大学的植物病理学家和可持续农业技术推广者，他说：“免耕技术可以改善土壤结构，增加土地的碳储存量，保持水土，特别是在干旱的年份能比常规耕作方式保持更多水分。”

免耕法还能带来积极的气候影响。土地的碳储存量大于植被与大气的碳储存量之和。（地球上土地的碳储存量为15000亿吨，而活的植物的碳储存量为6000亿吨，大气的碳储存量为8300亿吨。）犁田翻地会释放土壤中的碳。吉姆·库克解释道：“如果你翻动土壤，会使其中的碳释放得更快。当你把作物残梗砍下，埋在土里然后再翻动土壤——就是我们所说的犁地耕作——这其实是一个刺激生物分解的过程，因为犁田翻地会不断地使新的土壤表面裸露在空气当中而受到分解者的分解。这种耕种方式实际上与直接烧掉植物残梗无异，是无法把碳隔绝起来的。”

大气中数十亿吨的二氧化碳其实就是来自被犁耕过的土地。查尔斯·赖斯（Charles Rice）是一位土壤微生物学家，他在美国堪萨斯州立大学进行广泛的对比研究，并发现，在数十年间耕地土壤中一半的有机碳因为翻耕而流失，然而持续采取免耕种植的土壤的碳存储量可以达到野地土壤的碳储存水平，例如，可以与野外高草草原土壤的碳储存量相当。越来越多的转基因作物的种植方式改为免耕种植，比如80%的转基因大豆已经采用免耕种植，因为免耕法能够节省农民大量的时间、金钱与燃料。我们在节省燃料的同时也有利于减缓大气问题。遗传学家珍妮弗·汤姆森（Jennifer Thomson）在《未来的种子》（*Seeds for the Future*）一书中写道："约5%的化石燃料是用于农业上的，而这5%燃料又主要用于控制杂草。"

有机农场主拉乌尔·阿达姆查克（Raoul Adamchak）向我描述他在加州举行的一次免耕种植会议上遇到的转基因作物种植者——俨然一副有机种植爱好者的样子，炫耀自家土地的肥沃，计算地里蚯蚓的数量。然而，有机种植者是不允许种转基因作物的，他们要在每年春天犁地，把地表的覆盖作物（覆盖作物主要在休耕时种植，可以保持水土，避免病虫害以及杂草滋生，把其翻入土中也可以有肥田的效果）和杂草翻入土中，这样会让土壤中的二氧化碳被释放出去。（有些有机种植者已经意识到这个问题了，但是仍未找到非转基因的解决方法。）

*

评价一种新作物很重要的一个方面就是看它是否适应当地的生态，也就是用我们现在所说的"农业生态学"的角度来看待它。现在出现了"超级杂草"，农民们都知道这是个日益严重的问题。杂草往往能很快地适应环境，占据农田中光照、水分、肥料充足的地方，只要它们能躲避掉农民的除草措施，竞争力是高于那些精心培育的作物的。如果某些杂草和农作物之间有所联系，它们可能会向作物"借

用”有用的基因。这种情况曾在水稻、小米、高粱、向日葵和甜菜等作物上发生过，当然也会让人担心情况是否会在转基因作物上重演。

新的具有草甘膦抗性的杂草已经开始出现了，但与其说是因为基因的“借用”而产生的，倒不如说是因为各种成功的、过度使用的、致命的农业技术给杂草带来更大的选择压力，而部分杂草对其产生了进化适应（即产生了具有草甘膦抗性的杂草）。如果我们仅仅使用草甘膦除杂草，就会有一些杂草很快地进化出抗草甘膦的对策。

应对这种情况主要是采取病虫害综合管理——配合作物种植时间、轮作、生物防治等方法，使得杂草要面临多种联合的障碍无法很快适应。通过基因工程还能“叠加”对其他有效除草剂的抗性基因，例如，可以在具有抗草甘膦基因的作物上转入抗麦草畏基因，这些抗性基因可以导入作物母系遗传的部分，而不会通过雄性的花粉传播。通过这种技术处理的种子正在研发中。基因工程也只是日益发展的农业病虫害综合管理当中的一种技术而已。

农业杂草只会对农民造成威胁，并不会威胁到林野。假设具有草甘膦抗性的杂草处于树林之中就像是拳击手身处枪战当中，是完全使不上劲儿的，这种杂草对于树林不构成威胁。

*

那么，超级病菌呢？下面我们来探讨当下非常流行的转基因作物转Bt玉米和转Bt棉。Bt指的是苏云金芽孢杆菌，这是一种土壤中常见的细菌，它能产生一种独特的毒素，导入了Bt基因的作物可以产生这种毒素，使吃了该作物的蝴蝶或者飞蛾幼虫丧命。有机农夫会长期把经过干燥的Bt菌喷洒在植物上，他们认为这是一种天然的杀虫剂，这种方法很有效，而且只会杀害特定的目标昆虫，而对其他的益虫和人类无害。当细菌中控制合成Bt毒素的基因被整合到玉米或者棉花里之后，这些转基因的植物自身就可以毒灭害虫，省去了人工喷洒。而

且，因为毒素存在于植物体内，即使害虫躲过了Bt喷雾，同样还是会被毒死。（这就是为什么有机玉米穗中常会发现活的棉铃虫。有机农夫是不可以种植Bt玉米的，所以几乎没有有机玉米出售。）

转Bt玉米带来的主要生态效益就是大大减少了杀虫剂的用量。棉花种植过程中对杀虫剂的需求是特别大的。转基因棉的引种使棉花种植使用的杀虫剂量下降了一半。有人曾在一个转基因作物种植区做过一项调查，发现有1/10的农民因农用化学品导致的疾病而住院。让人惊讶的是，到现在为止还没有发现对Bt作物产生明显抗性的害虫，然而有1/500的昆虫种类已经发展出对喷洒型农药的抗性。

因此，转基因作物有助于缓和温室气体排放，比起非转基因作物更对生态有利。在2001年一项刊登在同行评审的期刊《欧洲分子生物学组织报告》（*EMBO Reports*，是生物学界重量级的杂志）上的研究论文提到："转基因玉米、棉花和大豆已经被商业化种植超过5年了，仍未在任何田间报告中看到对生态造成不利影响。"报告中还提到："转Bt棉等作物还带来了大量的环境效益，因为它们减少了化学杀虫剂的使用……我们也的确发现在种植转Bt棉的田地中，次要害虫如蚜虫等节肢动物的天敌数量总是高于使用喷雾杀虫剂的常规棉花田。"

彼得·雷文总结道："声称基因工程技术是对生态多样性的威胁的说法，恰恰与事实相反。基因工程以及其他的方法和技术必须得到大力推广，从而在全球范围建立低投入高产出的可持续农业系统……"

*

很多环保主义者争辩说转基因作物会威胁到"家庭农场"。这种争辩主要基于两方面的错觉——其中一方面是怀旧情结，另一方面是出于经济和政治上的考虑，两者都是源于与转基因无关的历史影响。

家庭农场的概念其实是基于选择性记忆、音乐剧中的歌曲[有一首歌曲的歌词“你好，邻居！丰收愉快！”（“Howdy, neighbor! Happy harvest!”）]以及对有机农产品市集的想象而得到的田园诗般的幻想。它唤起1900年美国的生活状况，当时有半数的美国人在农场工作和生活。而现在只有1/100的美国人在农场工作。当孩子们都奔向城市生活的时候，我们不可能还会有“家庭农场”。现在美国农民的平均年龄是55岁。

政府仍然煞费苦心地通过补助制度试图把人们留在农场发展，其中有些人顽强地支撑着状况并不好的农场。既然乡村价值大体来说已经是保守的价值，而保守政客们仍然通过立法向务农者提供大量政府补助，与此同时，保守的农民又在死气沉沉的小镇上边喝咖啡边抱怨补助太少，这不是一场闹剧吗？

务农实际上是报酬最低且非常劳累的工作。在发展中国家，这种苦工往往是由不收酬劳的家庭成员完成，干农活的主要是妇女，她们要常常拿着锄头在番茄地里除草，或者是在满是泥巴的水田地里弯腰徒手插秧。在发达国家，大多是聘请移民劳动力来干这些活。

环保主义者坚持认为转基因作物并不利于农民，尤其不利于小规模种植的农户。这种观点是站不住脚的，因为事实并不是他们认为的那样，转基因作物正大受欢迎。帕梅拉·罗纳德说道：“每当有一种转基因作物通过批准投入种植时，农民们都很乐于接受，每类作物中的转基因品种的种植面积已经快速扩大到种植总面积的50%到90%。”2008年，在一个由洛克菲勒基金会支持的研究报告中指出：

> 过去的一年中有超过200万农民种植生物技术作物，全球共有1200万农民享受着这种新技术带来的好处。值得注意的是，每1000万或者1100万受益农民中就有900万是贫农……实际上，发展中国家种植的生物技术作物的数量（12）远超于工业化国家的种

植数量（11），而且发展中国家的转基因作物种植增长率是工业化国家的3倍（两者增长率分别为21%和6%）。

发展中国家的农场面积几乎都小于5英亩，大多数只有1英亩或更小。

*

农民们希望种植转基因作物，但其他人不支持农民种植这些。我曾经见证过一个经典的案例，是发生在加州的马林郡和索诺玛郡之间的僵局。我们的拖船停泊在马林郡这个非农业地区，它离洛杉矶很近，对转基因作物的态度也和洛杉矶差不多。2002年，马林郡宣布转基因农业是非法的。我们会在索诺玛郡的一个倒闭的奶牛场度周末，这个郡邻近马林郡的北部，仍是以农业为主。2005年，索诺玛表决一项旨在废除全郡的转基因农业的法案。对这项法案的官方表态是：“该措施可以保护索诺玛郡的家庭式农户、园艺者以及环境，免受转基因作物带来不可逆的基因污染。我们的孩子不应该成为转基因的被试。一旦转基因作物失去控制，会产生抗除草剂的超级杂草，同时也会污染当地的食品供给和自然环境。基因污染是永久的，无法逆转、遏制或者根除。”

有9个当地的农民组织反对这项禁令，其中包括索诺玛郡农民联合会。帕梅拉·罗纳德指出：“与此相反的是，城市居民、食品加工厂和酿酒厂都支持这项禁令，因为打上‘无转基因的索诺玛’标签是推销产品的新策略。”然而他们的如意算盘落空了：该措施以55%的反对票和45%的支持票被否决了。在这个由农民说了算的地方，转基因获胜。在其他主要的农业郡，情况也都相似。

在2006年，200名法国反转基因的激进分子破坏了图卢兹（法国南部城市）附近的15英亩转基因玉米地，800名当地农民进入周边的一个

小镇表示抗议，并请愿希望政府支持基因工程的研究。2000年，种植转基因大豆在阿根廷是合法的，但在巴西则是被禁止的。但是两者的产量差距如此明显，以至于巴西农民在边境走私转基因大豆种子，直到后来巴西政府把种植转基因作物合法化。

*

为什么环保主义者想要否定转基因作物对于发展中国家农民的好处？到底谁最需要基因工程技术？罗伯特·帕尔伯格（Robert Paarlberg）是《渴望科学：生物技术是如何被阻拦在非洲之外》（*Starved for Science: How Biotechnology Is Being Kept Out of Africa*，2008）一书的作者，他在书中构建了这样的一套理论，富裕国家有更多的闲暇来探讨转基因作物的经济风险与知觉风险（消费者在产品购买前可能无法预知购买是否正确，因此，消费者的购买决策中隐含着某种不确定性，消费者能够感知到的这种不确定性或者不利且有害的结果就是知觉风险）间的细微差别，然而贫穷的国家可能并没有意识到：

> 在富裕国家，基因工程技术的直接得益者只是全体公民当中的很少数——豆农、棉农、一些种子公司、专利持有者。消费者并没有从中直接获益，所以当我们通过制定相关条例将转基因作物拒于市场之外时，消费者并没有任何损失。但把这种富国的监管体制输出到其他地区时，问题就出现了，例如在非洲，2/3的人口都是农民，他们是会从基因工程技术中直接获益的。

弗洛伦斯·温布古（Florence Wambugu）坦白说道：“当你处于发达国家时，你当然可以自由地讨论转基因食物的优缺点，但我们第三世界的人们能否先吃了再谈？”[她是一位肯尼亚的植物病理学家，曾在三大洲求学，并在孟山都公司做了3年博士后，之后发明了一种抗病毒的转基因甜土豆。她现在领导着非洲丰收生物技术基金会

（Africa Harvest Biotech Foundation），这是一个位于内罗毕的组织。2008年，她因推动非洲的绿色革命而获得雅苒奖。]

发展中国家的贫困农民非常乐意采用转基因种子，就正如他们乐于使用手机，他们觉得这是脱离贫穷的途径。种植转基因作物与使用手机，使他们能够以城市的价格把农作物销售给新城镇人口，摆脱以往没有盈利的自给农业模式。在国家层面，也发生了类似的跃进。尽管印度的杀虫剂公司执着地游说阻挠，印度农民还是在2002年开始种植转Bt棉花，印度也从棉花进口国一跃成为棉花出口国，产量从1700万袋上升到2700万袋。这当中有哪些社会代价吗？一份由洛克菲勒基金会支持的2008年的研究报告提及：

> 通过调查印度9300户Bt棉种植户及传统棉种植户发现，Bt棉种植户中的妇女和儿童得到的社会资源略高于传统棉种植户，表现在产前探访率更高，在家分娩时可以获得更多帮助，儿童的入学注册率及疫苗接种率更高。

更明显的变化有Bt棉较常规棉的产量提高了50%，而杀虫剂用量减少了50%，印度棉花种植者的总收入从8.4亿美元飙升到17亿美元。

*

反对转基因的积极分子已无法说服农民相信转基因作物是对其有害的，因为农民的直接经验告诉他们事实并非如此。所以他们继而把注意力转向破坏农民的市场，以“基因污染”的幻想引起消费者和公众的恐慌。

在反对转基因的人当中流传着很多生动的故事，这些故事让他们重新肯定反对转基因的理由是出于正义的，也是保持热情所必需的。这些传奇故事有关于帝王蝶的，有关于墨西哥本地玉米的，有关于

“终结者基因”的。另一方面，支持推广转基因技术的一派也有他们的故事：关于木瓜的故事，“黄金米”的故事，津巴布韦毒药的故事。实际上这些故事都有其基础，但每个案例中都有重要的信息被忽略了，听众不知道实际上到底发生了什么。当我们详细探究这些故事时，会给我们带来不同的启发。现在让我们来仔细考察这些故事。

转Bt棉花花粉杀死帝王蝶

故事是这样的：1999年5月的一期《自然》杂志中，有一页刊登着康奈尔的昆虫学者约翰·洛西（John Losey）及其同事的研究——“转基因植物的花粉会伤害到帝王蝶幼虫”。文章报告了这样一个实验，用未定量的转Bt玉米的花粉饲养帝王蝶幼虫4天后，有44%的幼虫死亡，这是一个在实验室内进行的实验。这个事情登上了《纽约时报》的头版，至今仍在转基因反对者之间广为流传。

故事的后续部分：随后有详尽的实地调查显示，Bt棉花花粉对帝王蝶幼虫的毒杀率最多只有3，其中的一小部分受害幼虫还曾受到其他工业制剂的影响。2001年9月的《美国国家科学院院刊》发表了6篇（共计30位作者）关于这个话题的详尽论文，但由于被“9·11”事件盖过，并没有引起新闻媒体的关注。超级环保主义者彼得·雷文在2000年7月的《美国国家科学院院刊》上发表了一篇与人合写的文章，其中总结道，在美国和墨西哥，对帝王蝶种群造成真正伤害的是栖息地丧失以及杀虫剂的使用：“事实上，减少对同种作物的杀虫剂喷药量明显有利于提高帝王蝶和其他昆虫种群的存活率，所以广泛普及Bt棉种植对帝王蝶的生存有极大好处。”

[帝王蝶身上的亮橙色是由于有趣的协同进化。帝王蝶幼虫以马利筋属植物为食，从而发展出对植物中强心苷毒素的耐受性，而这类植物正是通过强心苷来抵御其他虫子。帝王蝶幼虫不仅可以忍受这种毒素，还把它吸收到自己颜色明亮的身体中，然后继续保持在体色同样明亮、缓缓飞舞的成体里。这种明亮的体色就像是一种警告：“我是

有毒的！”鸟儿也学会了避开帝王蝶。另一种略带毒性的蝴蝶——副王蛱蝶，通过吃柳树叶子来积攒毒素，这种蝶看起来也很像帝王蝶，这也让鸟儿们可以单从颜色就能分辨出哪些是“不好吃”的虫子。以上就是一个“协同进化”假说的故事。“协同进化”的概念是在1964年由植物学家彼得·雷文和鳞翅目昆虫学家保罗·埃里克——在他的著作《人口爆炸》成名之前提出的。他们合著的论文《蝴蝶与植物：一个关于协同进化的研究》（*Butterflies and Plants: A Study in Coevolution*），是生物学中被引用率最高的文献之一。如果彼得·雷文声称Bt棉对帝王蝶是有利的，那么他该很清楚自己在说什么。]

基因污染：转基因玉米入侵墨西哥

故事是这样的：2001年11月，戴维·奎斯特（David Quist）和伊格纳西奥·查佩拉（Ignacio Chapela）在《自然》杂志上发表一篇文章《转基因DNA渗入墨西哥瓦哈卡本地玉米种当中》（*Transgenic DNA Introgressed into Traditional Maize Landraces in Oaxaca, Mexico*）。该文立刻引起了很大的影响并被广泛传播，因为本地品种对农业来说极为重要。保留本地种也就是维持多样性的基因库，一般都是由本地的传统小农来留种的，他们还会从所留的种子中不断优化，挑选口味更好、更能适应当地地理条件的品种。墨西哥种植的所有玉米中有2/3都是本地品种，作为玉米的发源地，玉米本地种发生了任何可疑的状况都会让人不安。

这篇文章提到，转基因玉米的基因或者基因片段正通过一些不易被察觉的途径偷偷潜入本地品种的基因组当中。“这是由转基因物质引起的，迄今为止全世界范围内性质最恶劣的基因污染事件，因为它发生在我们的一种主要粮食作物的原产地，”墨西哥国家生物多样性委员会的秘书长豪尔赫·索韦龙（Jorge Soberón）说道，“这就像某个前往英国的人，正用塑料片替换掉大教堂里的彩色玻璃。”

故事的后续部分：转基因技术“正在玷污和损害着墨西哥最大的瑰宝”使反对转基因的群体勃然大怒，“‘基因巨人’正在侵犯墨西哥农民的社会文化权利。”绿色和平组织呼吁墨西哥禁止培育转基因玉米。

后来《自然》杂志刊登了两篇批评奎斯特和查佩拉的研究方法的文章，还附有杂志编辑对他们原文的抨击以及对当初同意刊登该文表示的悔恨。4年后，也就是2005年8月，豪尔赫·索韦龙作为6位作者中的一位（4位来自墨西哥，两位来自美国），在《美国国家科学院院刊》中共同发表了文章《2003~2004年间墨西哥瓦哈卡的本地玉米种中并未检出基因转移》[*Absence of Detectable Transgenes in Local Landraces in Oaxaca, Mexico*（2003~2004）]。这6位作者“为了验证奎斯特和查佩拉的调查结果”，在同一地区的125块田地中抽取153746颗玉米种子，并无检出转基因。排除墨西哥现在正在种植的那部分转基因玉米，其他地区的本地玉米当中并没有发现任何转基因痕迹。这些作者们推测，如果转基因的确曾在2000年出现过，那么到了2003年也该被稀释到无法检出的水平了。（相关的科学研究进展：2008年的一份研究报告指出在2000份本地玉米样本中发现有1%存在转基因痕迹。）

这段插曲有利于作物科学的发展，因为它推动了针对所谓“基因漂流”的重要研究，而玉米正是很适合的研究对象，因为玉米是一种可以发生混杂异交（“异交”是指同一品种或不同品种的个体之间产生有性杂交受精的现象）的作物，而大多数其他种类的作物并不具有这种特性。已经有研究证明，在过去的几十年里，本地玉米种与经济作物发生基因交换的情况曾发生过，但这并不会对其多样性造成损害；在那一方面，转基因作物与之并无多大差别。种植本地玉米种的农夫早就意识到了“近交衰退”的问题（用他们的话来说，就是玉米“累了”——西班牙文是“se cansa”），所以一般他们会混种一些别的品种的玉米，同时，基因也会随着花粉在不同田地间被吹送。

以色列植物学家乔纳森·格雷塞尔在论著《遗传的障碍：为了作物多样性的转基因》（*Genetic Glass Ceilings: Transgenics for Crop Biodiversity*，2007）中也描述了这种常见的情况：

> 经济品种与种植在周围的本地品种作物之间偶然会发生基因流动，基因流动会提高其中一方作物的性能。农民们保存本地品种中形态和口味比较好的那些，事实上他们在这个过程中也不经意地选择了那些具有抗病、抗逆或高产基因的植株。墨西哥的农民们通过不断选择使得本地玉米品种质量稳定提高，正是一个很好的例子。一个世纪前的本地种与两个世纪前的本地种或是与今天的本地种相比，它们的基因并不相同，尽管农民认为它们没有不同。

格雷塞尔教授（转基因生物安全专家）谴责说："出于政治目的希望保持'基因纯洁'实质上与保持'种族纯洁'的想法没有不同。"真正对本地种带来威胁的是城市化——青年人都趋向到城市寻求更好的工作，而他们家乡的作物就死光光了。我们现在只能寄希望于通过"种子库"来保存被日渐遗忘的本地种基因库，例如，位于墨西哥城附近的"国际玉米小麦改良中心"。

基因流动在农业与自然界中都很常见。转基因作物的基因也会流动，但其害处其实与别的商业作物的基因流动没有不同。一般有三种方法应对基因流问题，其中一种比较简单，另外两种比较麻烦些。第一种较麻烦的方法是，把目标基因导入植物体花粉以外的部位，使其不易流转。第二种是在转基因作物周围设置"避难所"——种非转基因植株，这样就可以把转基因隔离起来。还有一种最简单省事的方法就是确保得到的转基因植株是不育的，当它无法繁殖时就可以确保基因流为零，这是最彻底的解决方法了。但是转基因的反对者们对最后一种方法尤其反感，个中原因，我们继续道来。

孟山都公司通过“终结者基因”使农民沦为奴隶

故事是这样的：三角洲和松兰公司（Delta & Pine Land）在1998年取得了一项技术专利，命名为GURT——遗传利用限制技术（genetic use restriction technology），这种技术就是将不育因子导入转基因作物中。这是为了防止农户违反与种子公司的协议而留种再种，通过这种技术就可以让农民被迫不断向公司购买种子。当时占有三角洲和松兰公司部分股份的孟山都公司声称要买下整个三角洲和松兰公司，从而进一步巩固其在棉花种子供应市场的地位。这让人很担心孟山都公司是否会把GURT不育技术用在它全部转基因作物上。

继而转基因反对者们在全球范围发起了一场声讨。帕特·穆尼（Pat Mooney）发表公开声明说：“发明种子的转基因不育技术并不是为了保证生物安全，也不是出于农艺效益的考虑，它的终极目的是为了创造农奴。”即认为“终结者”技术将会带来农奴时期。[穆尼是国际乡村发展基金会的负责人，后来这个机构改名为ETC小组。]“这是一项不道德的技术，它剥夺了农村社区长久以来保存种子以及农民作为植物育种者的权利，”一名智利官员说，“这是农业界的核弹。”这种声讨持续了一年，在欧洲和第三世界尤甚。最终孟山都公司宣布放弃这项技术。[洛克菲勒基金会的戈登·康韦先生以及肯尼亚的弗洛伦斯·温布古博士都敦促孟山都公司放弃。]到2009年，不育转基因作物在全世界范围绝迹，尽管这是一种防止不利基因蔓延的便利技术。

故事的后续部分：词穷的环保主义者们这回凭借“终结者”和“自杀基因”等词语引起了广泛的恐慌，成功阻止了巨头公司的计划。（其实这种技术有更合适的名称叫作“老处女技术”，幸运的是环保主义者还是用之前的名字来炒作。）然而他们有些话的确言过其实，例如这让人印象深刻的一句：“植物不育种子的传播会导致全球大灾难，最终甚至会把这个星球上更高等的生物消灭掉——包括人

类。”当我读到这行引自印度反全球化主义者范达娜·席娃（Vandana Shiva）博士的论著中的话时，觉得这一定是引用出错了，所以特意查看她的书《失窃的收成：跨国公司的全球农业掠夺》（*Stolen Harvest: The Hijacking of the Global Food Supply*，2000），发现这句话果真出自这本书，读者也可以自己找找看。在书中第83页，你会发现她警告人们，这种可遗传的不育将会带来人类的厄运——但在生物学上这是绝不可能的。席娃博士常常以印度物理学界的先锋自居。

[要顺便提及的是，上文引用的那句话与原文是有所出入的。上文那句话是直接出自杰里·圭代蒂（Geri Guidetti）在1998年私下发表的一篇文章，她运营着位于俄勒冈州的“方舟研究所”，这个机构也提供可育种子。我在网上找到相关介绍，圭代蒂“在美国多所高校教授生物学和生物化学已有20多年了。她是几百篇科学文章或研究论文的作者”。或许她真如介绍所说的这样，但我在网上只能搜索到她对千年虫、禽流感、恐怖分子和终结者技术问题所接受的采访或文章。]

大家害怕如果使用不育转基因技术就需要每年购买种子，但事实上这并没什么值得担心的，而且也不见得是什么新问题，现在让我们来看看它在常规农业实践中的情况。数十年来，大多数农民都会每年重新购买充满活力的杂交种子。杂交种子并不能繁殖出纯种的子代，它的子代会出现各种的性状。拉乌尔·阿达姆查克认为，从种子公司的角度来看：

> 这是好事情，因为种子公司就可以每年生产新的杂交种子以盈利。这些种子很贵，但大多数有机农民都会选择购买它们，因为杂交种子活力高，生长出的植株性状一致，具有抗病性，它们的产量以及口味都值这个价钱。而且，大多数农民也不再愿意每年亲自动手通过异花授粉培育自家的近交系作物。很少人有时间兼顾育种者和农民这两个角色。

美国的杂交玉米从20世纪20年代开始发展，直至1970年为止，全美种植的玉米有96%是杂交种，总产量从每英亩20英斗攀升到每英亩160英斗。在中国，杂交水稻正逐渐替代传统水稻，2007年杂交稻种植率高达65%。可见，杂交作物尚且如此，更不用说转基因作物了，每年购买新种子在发达国家是习以为常的事情，在发展中国家也逐渐变成常事。

说到“从古到今保存种子的权利”，乔纳森·格雷塞尔给出了一个尖锐的回应：

> 很多转基因反对者总是以“农民不得不购买种子”为理由，合理化自身种种的反生物科技的言论，仿佛他们把“农民自留种”变成了神圣的咒语。只要具有丰富农耕经验的人都知道，在务农中没有什么是比农民自留种更糟糕的事情了。自留种在种植过程中产量会逐代下降，因为种子会渐渐失去活力，患病率也会上升，也常常会被杂草种子所污染。好的种子会获得认证，政府只允许最优秀的农夫培育可获得政府认证的种子。即使这样，他们的种植过程也是被种子公司严加监控的，而种子公司自身更是要受到政府有关监管部门的约束。

*

所谓的孟山都公司的（垄断）问题只是为了分散大众的注意力。的确，在20世纪80年代，罗伯特·夏皮罗（Robert Shapiro）做CEO（首席执行官）的时期，孟山都公司的步调太快了，以至于把在欧洲引种转基因作物的事情彻底搞砸了，在一些该公开处理的事情上却遮遮掩掩。有些人指责孟山都公司只关注农户的利益而忽视消费者的权益——重视作物产量和效益更甚于作物的营养和品种多样性——但其实这种指责是说不过去的，因为种子公司与杀虫剂公司的顾客是种植者而不是进食这些作物的人。还有一些指责是说孟山都等“基因巨

头”公司，迫使农户们对其产生依赖，做出这种指责的人明显还没有搞清楚“顾客”这个概念。一旦顾客对孟山都公司的服务不满意，他们立刻可以选择其他公司的服务。大多数农民是通过各个供应商和经销商购买种子的，那就是说在转基因种子上，孟山都公司是要面对来自先正达（Syngenta）、美国陶氏（Dow）和杜邦-先锋（DupontPioneer）等其他公司的竞争。

艾默里·洛文斯1999年在《科学》杂志发表了一篇谴责基因工程现状的文章，他在文中诘问道：“根据季度盈利报告而不是根据其在生物学上取得的进步来重新设计对相关工作的评价体系——从经济利润最大化的角度而不是考虑生物技术上的互补来结盟（现存的公司并不是技术上最优的而是利润最丰厚的）——这是个好主意吗？”先不讨论他那些从农业生物技术的发展和适用性角度来考量的浪漫想法，他在转基因问题上似乎放弃了用于分析核能问题的经济视角。他认为在核能开发的问题上缺乏私人资本和市场激励的介入是不对的，但对于现在的转基因来说，过多的私人资本与市场激励介入反而成了问题。

一般来说，针对国家层面的对抗比针对企业层面的对抗来得更有效。世上的事物有好有坏，有时候好的事物也可能造成坏的结果，反之亦然。在反对转基因这件事情中，存在着各种反对企业的偏见，例如转基因农业公司被认为是恶贯满盈的，但那些跨国的转基因制药公司却没有受到谴责。罗伯特·帕尔伯格认为这是因为“富裕国家非常重视这些跨国制药公司所提供的药品及创造的福利，然而跨国种子公司并不被重视”。

为什么氟化水会受到右翼政客的反对，而“弗兰肯斯坦食物”会遭到左翼政客的攻击呢？我猜这是因为水的氟化处理是来自政府的，而作物的转基因处理是来自企业的。如果两者的来源是相反的——这本身也有可能——它们所受到的对待也会颠倒过来。

现在确实存在的一个问题是农业生物技术主要被一些公司所控制，我很希望有环保主义者抨击这个问题，但他们并没有这样做。限制基因工程技术的条例规定过于繁杂，以至于把很多小型公司逐出市场，最后仅有一些大型公司能够在广泛兼并的时期存活下来。只有孟山都、陶氏、杜邦、瑞士先正达、德国拜耳作物科学和德国巴斯夫等公司成为赢家。寡头垄断正在形成，遗传学家帕梅拉·罗纳德指出，在某程度上讲，只要汇集和控制了专利基因及相关技术的知识产权，就相当于掌控了农业生物技术的引擎。她认为这就意味着：

> 现在这些私人公司对基因工程技术的使用者的控制更强了。某个技术环节对整个技术流程来说可能是最关键的步骤——举例说，把基因导入植物中是至关重要的技术环节——如果垄断了某个关键技术，就相当于垄断了整个技术流程。当大学向私人公司提供转基因关键技术的“专属授权”，必然会极大限制公共研究机构在转基因作物研究上的发展。

幸运的是，另一种技术发展模式正在兴起。发展中国家正针对自身独特的农业需求，建立自己的非营利转基因项目，其中资金和技术援助多是来自洛克菲勒基金会、麦克耐特基金会和盖茨夫妇基金会的支持，这些项目都是开源的，所开发的新技术可以免费共享。澳大利亚的理查德·杰斐逊（Richard Jefferson）正运营着名为“坎布里亚”（Cambria）的研究中心，这个研究中心是非营利性的，致力于开发开源的转基因工具。在洛克菲勒基金会的支持下，他的小组针对专利封锁的转基因技术，自主设计了两项技术，并要将其免费开放，尤其要向东南亚的使用者开放。

帕梅拉·罗纳德在加州大学戴维斯分校工作，她成功分离出一种可以使水稻对某种重要疾病产生抗性的基因。学校按照她的意思，授权孟山都公司以及先锋公司使用该基因，但指定它们只能在把这种基

因用在发达国家广泛种植的几种作物上，而不允许用在贫穷国家的稻米上。此外，这个基因也在全球范围向有需要的人免费开放。中国科学家已经开发出导入这种基因的杂交水稻，预计这种抗病稻种很快就会被免费发放给农民。

在社会各方的支持下，发展中国家的本地作物转基因项目越来越多。根据乔尔·科恩（Joel Cohen）和珍妮弗·汤姆森2005年收录整理的花名册可知，以下这些国家正在发展自己的转基因技术：

> 非洲有4个国家（埃及、肯尼亚、南非和津巴布韦）正在开发转基因的苹果、木薯、棉花、豇豆、黄瓜、葡萄、羽扇豆、玉米、甜瓜、珍珠粟、土豆、高粱、大豆、南瓜、草莓、甘蔗、番薯、番茄、西瓜和小麦。希望让作物获得某些农艺特性、抵抗细菌和真菌的特性、除草剂耐受性、害虫抗性及病毒抗性，提高农产品质量。
>
> 在亚洲也有7个国家（中国、印度、印度尼西亚、马来西亚、巴基斯坦、菲律宾和泰国）在发展转基因作物，包括转基因的香蕉和芭蕉、卷心菜、可可、木薯、花椰菜、鹰嘴豆、辣椒、柑橘类、咖啡、棉花、茄子、花生、玉米、杧果、瓜类、绿豆、芥菜、油菜、棕榈植物、木瓜、土豆、水稻、葱、大豆、甘蔗、番薯和番茄。
>
> 在拉丁美洲有4个国家（阿根廷、巴西、哥斯达黎加和墨西哥）在发展自己的转基因苜蓿、香蕉和芭蕉、豆类、柑橘类、玉米、木瓜、土豆、水稻、草莓、向日葵和小麦。

左翼政客们对于垄断集中的财团通过基因工程技术控制全球食品生产的恐惧也该到此为止了。基因工程技术反而是有利于各地区增能的好工具，它提高了食品文化的多样性，让农民有能力在国际市场销售自己的农产品，摆脱大财团的控制。

*

同样，转基因的狂热者们也有自己最爱的故事，这些故事再三出现在如《未来的种子》《厨房里的孟德尔》《解放生物学》《转基因的行星》《明天的餐桌》这些书中。接下来我们来看一个绝对不会出现在反对转基因的书或者文章中的故事。

在夏威夷，人人都爱转基因木瓜

故事是这样的：20世纪60年代，夏威夷的瓦胡岛暴发木瓜环斑病毒，几近把岛上的木瓜产业摧毁了，农民们只能转到夏威夷大岛的普纳地区继续种植木瓜，这个地区还没有受到病毒的侵袭。但在1992年，木瓜年产量高达5300万磅，却在普纳地区也发现了环斑病毒。巧合的是，同年有田间试验发现，一个被导入了病毒基因的转基因系木瓜对这种病具有抗性，就像是被接种了疫苗一般。一场对抗病毒的竞赛开始了。眼看着自家的木瓜树正在被病毒摧毁，农民们也行动起来，联合州政府的官员以及转基因木瓜的开发者——夏威夷病毒学家丹尼斯·贡萨尔维斯（Dennis Gonsalves），共同推动抗病系木瓜通过审批。这种转基因木瓜在1996年得到美国农业部批准，1997年也得到美国国家环境保护局和食品药品监督管理局批准（要留意的是，常规方法育种的植物审批并不需要经过如此烦琐的程序）。1998年，新的木瓜种子被免费派发给农户。直到2001年，之前生产木瓜的所有地区也都重新种植木瓜了。“日出”和“彩虹”这两种转基因木瓜品种非常美味，很受欢迎，消费者遍布美国、加拿大，甚至日本。很有可能你也曾吃到过，因为现在夏威夷90%的木瓜都是转基因品种。

故事的后续部分：美食进口商希望把夏威夷的转基因木瓜带入欧洲，但不被允许。夏威夷一些聪明的农夫就在转基因木瓜地中间种植非转基因的有机木瓜，这样既有机又防病毒。

在泰国，绿色和平组织的激进分子不顾贫苦农民的利益，游说政府禁止转基因木瓜的田间试验，但中国的转基因木瓜技术正积极发展着，许多人预计一旦中国接受了转基因木瓜，全亚洲也会随之接受。（中国在2008年启动了一个耗资35亿美元的项目，旨在加速“转基因绿色革命”的进程以及推动“从高投入的粗放农业向高科技集约农业发展”。）

夏威夷木瓜的故事是个很好的例证，说明引入转基因作物是会给发展中国家带来好处的。木瓜被认为是一种次要作物（虽然木瓜对于夏威夷人和热带地区的贫农来说远不是次要作物），所以跨国公司以及跨国的环保机构都没有插手到这件事情当中。转基因木瓜得以被解除管制，主要是靠农民自身推动的，也正因如此，整个过程透明、快速、成本低。其中，一些公共机构也给予了重要的帮助：夏威夷大学和康奈尔大学合作的农业项目已进行了推动，美国农业部也提供了6万美元的支持。转基因木瓜一经销售，就得到夏威夷本土消费者的喜爱，口碑也传到了海外的出口市场。这是个如此成功的故事，没有任何阴暗面，但接下来的故事却没有这么理想。

拯救生命的黄金米，让数百万人远离失明

故事是这样的：大米养活了世界上一半的人口，但它缺乏多种重要的微量营养素，如β－胡萝卜素，这是维生素A的前体；而缺乏维生素A正是世界贫困人口面临的普遍问题。根据世界卫生组织的估计：“每年有25万到50万名孩子因缺乏维生素A而失明，其中一半的儿童在失明之后的12个月内死去。”联合国儿童基金会2004年的报告指出：“在第三世界，约有40%的5岁以下的儿童因为维生素A缺乏症而导致免疫系统低下，每年有大约100万少年儿童因此夭折。”

1992年，在洛克菲勒基金会资助下举行了一个关注上述议题的会议，会后，瑞士的英戈·波特里库斯（Ingo Potrykus）和德国的彼得·拜尔（Peter Beyer）决定通过转基因技术联手开发含有维生素A的

稻米。他们的研发耗时7年，在这期间，波特里库斯已疲于应对那些反对转基因的积极分子，以至于瑞士政府不得不特地为他建造可防手榴弹袭击的温室，保证研究能不受干扰。1999年，他们向《自然》杂志投稿，描述如何将一个细菌基因和两个水仙花基因（也会合成黄色色素使米呈现黄色）导入水稻中，成功使水稻合成胡萝卜素，但《自然》杂志甚至都没将文章送审就拒绝发表了。植物学家彼得·雷文得知此事后，安排这篇文章在《科学》杂志上发表，这立刻就引起了强烈反响，被认为是科学上的重大成就和人道主义的惊人突破。波特里库斯成了2000年7月《时代》杂志的封面人物，并附上大标题“每年可以挽救上百万儿童的米”。“黄金米”轰动一时。

那些反对转基因的组织对此事的回应很是粗鲁无理——“骗局”“愚人节的黄金”“特洛伊木马”“蓄意欺诈”“失败的技术”“多余的发明”“对生物多样性造成威胁”“骗取公众的信任”“对传统白米造成威胁”“会导致永久性大脑损伤”。绿色和平组织甚至在2005年宣称：“如果大面积引种转基因水稻，会加剧营养不良，威胁食品安全，因为这相当于鼓励人们只需依赖单一的工业化生产的主粮就可以营养充足了。”埃及科学家伊斯梅尔·萨拉杰丁（Ismail Serageldin）常常代表为这些言论感到惊异的科学家们做出回应：“我常常诘问那些生物技术的反对者，你们真的希望眼睁睁看着因缺乏维生素A而导致每年有200万~300万儿童失明、100万儿童死亡吗？仅仅因为你们反对黄金米被创造的方式？”（萨拉杰丁后来担任了国际农业研究所咨询团的领导者，现在是亚历山大港新图书馆的负责人。）

故事的后续部分：对黄金米的讨论与批评主要集中在一点（其实真正值得讨论的也只有这点）。黄金米所能提供的β－胡萝卜素顶多能满足维生素A每日营养推荐量的1/5。不顾波特里库斯的强烈反对，瑞士先正达公司也加入了这场论战。后来科学家们把黄金米中的其中一个水仙花基因替换成一个玉米基因，得到了β－胡萝卜素含量提高

了20倍的“黄金米2号”，解决了先前维生素A供应量不足的问题。后来，先正达的英国科学家同时也是公司对外发言人阿德里安·杜博克（Adrian Dubock），让先正达公司从各种纷争中获得了黄金米的专利权，并通过波特里库斯牵头的“黄金米人道网络”向第三世界提供第二代黄金米的使用权。每个农民只需要每年支付不到10000美元就可以免费获得黄金米种子，还可以每年自行留种和播种。

到2007年，黄金米的田间试验在菲律宾的国际水稻研究所进行，项目得到了来自盖茨基金会2000万美元的支持，目标在2011年之前向公众开放转基因水稻。盖茨基金会也资助彼得·拜尔牵头的“国际支持维生素大米联盟”，这个联盟旨在“让黄金米具有更多种微量营养素以及生物特征”。下一代大米将含有更多蛋白质、维生素E、铁和锌。而国际水稻研究所正着手一个更具野心的项目，把水稻从C3植物改造成C4植物——把低光合作用效率的模式（小麦、土豆也是C3模式的植物）改造为进化程度、光合作用率都更高的模式（玉米、甘蔗就是C4模式的植物）。C4模式的水稻只需要更少的水和肥料，产量却能提高50%。“这是一个长期高回报的研究项目，政府很应该资助。”明尼苏达大学的一名农业经济学家菲利普·帕尔迪（Philip Pardey）说道。

反对转基因的环保主义者们之所以如此恶意攻击黄金米，是因为他们意识到这很可能会成为第一种得到广泛推广的经过生物强化处理的高营养粮食作物。他们在这一点上判断得很正确。

面临饥饿的津巴布韦拒绝了“有毒”转基因玉米

故事是这样的：2001年至2002年，非洲南部发生了一场严重的旱灾，威胁到7个国家1500万人的生命。联合国世界粮食计划署提供了15000吨美国玉米（其中有1/3是转基因玉米）作为紧急援助，但津巴布韦政府拒绝了这批援助，理由是部分的玉米可能会被用于种植而不仅是食用，这会危害到津巴布韦向欧洲（欧洲是反对转基因的）的粮

食出口。美国提议把玉米磨碎以确保无法用于种植。同时部分玉米转移到位于津巴布韦北部与其接壤的国家赞比亚，该国也有300万人口面临饥荒。在食用这些救济粮6年之后，赞比亚拒绝继续接受这些援助了。“即使我们的人们正在挨饿，也没有理由让我们吃这些有毒的食物，给我们这些食物不就是在危害我们的健康吗？”赞比亚总统利维·姆瓦纳瓦萨（Levy Mwanawasa）表示，“我们宁愿挨饿也不要吃这些有毒食物。”

在赞比亚的什玛巴拉（Shimabala）地区，有一个被锁上了的仓库，原本免费派发的救济玉米全被锁在了里面，《洛杉矶时报》正在仓库外报道，有一名年老的盲人在哀求政府发放这些玉米：“求求你给我食物吧，我们都快饿死了，管不了这到底有没有毒了。”更让人绝望的是，生活在农村的赞比亚人正在吃着“树叶、细树枝甚至是有毒的浆果和坚果”，《洛杉矶时报》报道说。世界卫生组织估计在接下来的一个月内，将有35000赞比亚人死于饥荒。就在同一年，莱索托、马拉维和斯威士兰都无条件地接受了这些美国玉米，津巴布韦和莫桑比克也接受了被磨碎的玉米。

赞比亚之所以做出致命的决策转变，是因为在欧洲机构为主的环保组织齐心协力下，成功地让非洲多国对转基因作物心生恐惧。南非已经批准种植转基因棉花、大豆和白玉米——在当地很受欢迎的一种粮食，但其他国家在这方面仍受到重重压力。这场运动在非洲是由国际绿色和平组织和国际地球之友领导的，两者的总部都位于荷兰首都阿姆斯特丹。绿色和平组织在40多个国家都设有分支机构，共有上千名全职员工，而地球之友也在68个国家设有分部，拥有1200名全职员工。你可以在罗伯特·帕尔伯格的书《渴望科学》（*Starved for Science*）中找到关于这次运动的参与者、策略和效果等方面的详尽信息。赞比亚及其他一些国家的政策制定者相信了这些说法，转基因作物会引起过敏，导致消化道感染，传播艾滋病，作物中可能含有猪的基因，可能会使他们的农作物无法销往欧洲等。

饥荒就是这场运动引发的后果。我们应该致力于解决更为重要的事情，而非洲的这场环保运动可以说是反社会的。在约翰内斯堡举行的一场专题讨论会上，比尔·莫耶斯（Bill Moyers）问及印度的反全球化主义者席娃博士如何看待赞比亚的处境。她回答道：

> 印度也曾因飓风而遭受同样处境—3万人死亡，很多人挨饿——当发现救济粮是转基因食品后，我们把消息告诉受灾群众以及饥民，他们自发到救援机构抗议，他们说纵然身处贫困与危难，也不能被强迫吃这些不愿意吃的东西。危难情况不能被用作商机。

我建议那些鼓励他人以挨饿的方式恪守原则的人，也应该亲身体验饥饿的滋味。只要稍稍挨饿——只需要一周，就能使注意力惊人地集中，对此我可以作证。贝托尔特·布莱希特（Bertolt Brecht）曾说过一句很实在的话：“先求填饱肚子，再谈伦理道德。”

就正如当埃克森美孚公司斥资数百万美元企图丑化气候变化论的时候，我们该去了解并记住公司的CEO到底是谁[李·雷蒙德（Lee Raymond）]。同样，当绿色和平组织和地球之友出于意识形态，不遗余力地以“挨饿是为了你们好”来游说非洲人们的时候，我们该去了解并记住到底谁是这两个组织的领导者[绿色和平组织最初的领导者是蒂洛·博德（Thilo Bode），后来是格尔德·莱波尔德（Gerd Leipold）；地球之友的领导者是里卡多·纳瓦罗（Ricardo Navarro）]。这些环保组织、商业公司以及他们所影响的欧洲国家和一些人道主义的非政府组织所施加的干涉，着实把非洲给搞砸了。

肯尼亚植物病理学家弗洛伦斯·温布古（Florence Wambugu）2003年在美国国会作证时提到：“以欧洲人为主的反生物科技游说者通过提供严重的错误信息以及政治操纵等手段，只为达到一个目的，就是确保从饥肠辘辘的人们那里得到的作物是安全并营养的……这些

反生物技术的说客们宣称要保护非洲大陆不受跨国生物科技公司的压榨和剥削。这种欧洲中心论的观点是基于以下两个前提：非洲并没有专业知识来做出明智的决策，非洲大陆应该专注于有机种植。”温布古博士继续表示，无论是公司或是民间组织，都需要尊重非洲的自主权：

> 消费者应该对各种农业生物技术产品的好和坏的方面都知情，应该了解到使用不合适的外国种质（种质是指农作物亲代传递给子代的遗传物质）是存在风险的，了解如何避免本地种质的流失，保持本土品种多样性。同时我们也需要一些制衡机制来避免跨国公司利用一些地方的本土种质申请专利，完善保护知识产权的政策以避免不正当竞争，要避免地方种子公司的垄断经营，阻止跨国公司对在地消费者及在地公司的剥削。田间试验也应该在非洲本土进行，以确保在热带条件下的环境安全性。

*

故事的后续部分：非洲的农业面临着众多问题，转基因技术也只能帮助解决部分问题而已。其中最核心的问题是营养失调和营养不良，而且问题还在持续恶化。根据2008年的一份报告称：“大量营养素如蛋白质、能量物质以及微量元素如铁质、维生素A、锌、碘等的缺乏，是造成半数儿童死亡的主要原因。”转基因技术有助于提供更多和更好的食物。非洲的小型农场是依赖雨水灌溉的（非洲只有5%的农田有灌溉系统，而在亚洲这一比例高达60%），只能是靠天吃饭。如果不下雨，那么所有的作物都会枯死，全地区的人们都要挨饿。尽管耐旱的转基因作物会多少派上点儿用场，但关键的还是需要建立灌溉系统，打井，有电力系统推动，修建公路运输农用设备和农产品。

非洲的土地已经严重退化了，部分原因是作物残梗被用作燃料或者建筑材料而没有还田，还有部分原因是因为农民们没有机会用上复

合肥。在这些问题上，转基因技术完全帮不上忙。土壤改善技术其实已经很成熟了，包括（引自盖茨基金国家研究委员会的报告）：

> 适度放牧，用有机物质覆盖地表，施用粪肥或者有机淤泥，在休耕期种植肥田作物，采用农林复合系统，等高耕种，灌木篱墙，梯田种植，使用塑料地膜防止水土流失，免耕或采用环保耕作，保留作物残梗，合理灌溉，采取综合营养管理，包括正确使用化学肥料。土地使用规划以及土地政策改革是配合上述技术的政策层面的措施。

非洲的病虫害尤其严重。采采蝇折磨着牲畜们，寄生性杂草如独脚金会侵犯所有植物，来自乌干达的小麦锈病新变种威胁着全球的小麦植株，数以百万计的红嘴奎利亚雀成群结队地吞噬了所有的高粱米，这让一代又一代的孩子为了到田里驱赶鸟雀而失学。以上这些问题，转基因技术都能帮上忙。

问题在于：撒哈拉以南的非洲农业区多处于热带。在地处温带的北非所发展出来的一些农业实践工作、一些公司的策略、一些政策措施或者是适用于北非的种质，不见得适用于撒哈拉以南的非洲。“热带地区阳光充足但缺水，温带地区却是水源丰富而阳光不足，”植物学家德博拉·德尔默（Deborah Delmer）说道，“大多数农业技术是以温带地区为基础发展起来的，但大多数人口却分布在热带。热带的病虫不会因寒冬而冻死。热带的农民种植的作物比温带的农民要多，每一个热带地区都应该有各自的研究机构。”

*

多谢欧洲人几十年来的干涉，现在非洲也下定决心运用生物科技来应对自身的农业问题。2001年，世界经济论坛在瑞士达沃斯举行，

物理学家和散文作家弗里曼·戴森见证了其中一场关于转基因作物的小组讨论。他说：

> 这实际上是一场欧洲与非洲的争论。欧洲人出于宗教热情而反对转基因食品，他们认为这打破了自然界的平衡，而且会给人类健康以及自然生态带来难以预料的危害。他们还围绕“预防原则”谈了很多。“预防原则”的内容是，如果一些做法会对生态造成无法挽回的损害，无论造成损害的概率多小，或者是这种做法可能带来的收益多么巨大，我们都不应该采纳这种做法。这个原则是不允许人们通过权衡成本利益来做决定的。预防原则是欧洲人拒绝转基因食物的坚实的哲学基础。
>
> 非洲人也回应说预防原则同样可以作为支持转基因的哲学基础。日益增长的人口和普遍的贫困已经对非洲的生态造成不可挽回的损害，如果拒绝转基因食品，只会使生态继续恶化。欧洲人的所谓“不能允许任何无法挽回的伤害发生”的这个借口在现实世界中毫无意义。实际上，我们做任何一件事情都有可能带来不可逆的伤害。我们无法避免要衡量各种风险。非洲人的生存需要转基因作物。在非洲的大多数地区，土地贫瘠，干旱肆虐，很多作物因为病虫害而遭到损失。转基因作物能让依赖自给农业的农民从饥饿走向生存，使经营市场农业的农民从破产边缘走向富裕。非洲人需要把作物销往欧洲。欧洲人为了保护本地农户而禁止转基因食品，这却大大伤害了非洲人。正如非洲人所看到的那样，欧洲禁止转基因食品更多是出于经济利益的考虑而非纯粹出于哲学原因。

有很多种说法解释为何欧洲拒绝转基因而美国却接受了。大多归结于20世纪90年代末在欧洲暴发的疯牛病（但这事与转基因没有任何瓜葛），这场瘟疫印证了食物背后可能潜藏的巨大危险，也印证了对一心只想尽快平息恐慌的政府官员们的不信任。大洋彼岸的美国人也知道了这件骇人听闻的事情。罗伯特·帕尔伯格认为欧洲和美国对待

转基因的态度不同是源于两者法律和政治框架的差异："美国的法律体系更倾向于在事后的民事诉讼，而不是在事前就订立法规确保消费者和环境的安全。而且美国的两党制体系让绿党没有机会赢得选举，他们也就没法通过执政联盟来倡导反对转基因。"

基因工程也无意地闯入了一个"暴力有理"的扭曲领域，本以为这些领域只是盘踞着些激进的动物权利支持者或反对堕胎者。转基因作物和设备可能会遭到蓄意破坏，研究人员也曾遭受恐吓，根据美国联邦调查局的估计，仅仅是地球解放阵线（Earth Liberation Front）一个组织，就已经在1996年至2004年间发起了600多起破坏活动，造成了4300万美元的损失。而这类情况在欧洲更为普遍。在《非理性之战》（*The March of Unreason*，2006）这本书中，作者迪克·塔弗恩（Dick Taverne）审视为何理智有时会被蒙蔽："在德国，曾有发生极端反转基因者把燃烧弹投向马克斯·普朗克研究所，因为该所正进行一项矮牵牛花的转基因研究。他们争辩道：'转基因技术最终必然导致优生学的产生，纳粹不正是奉行过优生学吗？这种研究会让纳粹主义复活的。'"

瑞士在2004年通过了一项转基因技术法案，法案要求要保证"植物的尊严"。在所有的生物技术研究项目申请书中，一定要有一段来说明如何处理研究对象的尊严问题。伦理委员会会告知科学家们需要遵守哪些原则，如决不能通过转基因让植物"丧失自主性"，委员会的意思是要保证植物自身的繁殖力。遗传学者们不禁要问：那么农业上普遍的无籽水果和雄性不育的杂交品种也是违反原则的吗？

*

我认为欧洲人所说的"预防原则"，是导致欧美还有其他地区对转基因问题的态度形成分水岭的主要原因。达沃斯辩论围绕的正是"预防原则"，赞比亚的饥荒也受这个原则影响，欧盟自1992年起就被这个原则所约束，《卡塔赫纳生物安全议定书》（*Cartagena*

Protocol on Biosafety）也体现了该原则，“预防原则”自2000年起就成为国际转基因运动的指导原则。罗伯特·帕尔伯格指出：“欧洲的预防原则其实有合理的成因。有记载德国曾发生过一场严重的环境伤害，导致大面积的森林毁灭，‘预防原则’正是在这样的背景下萌芽的。因此德国政府在1974年颁布了一项净化空气法案，鼓励任何针对潜在的化学品危害采取行动，即使还没有科学证据证明这些化学物品到底是否造成危害。1984年，有记载在欧洲北海发生了污染事故，后来这个原则也被用于管理北海的海洋污染问题。”但随着时间的推移，当初触发“预防原则”诞生的环境伤害证据消失了，然而在这个过程中科学是明显地被贬值了。

“预防原则”有多个版本。其中表述最清晰，被引用最多的是出自1998年在威斯康星举行的一次环境会议中发表的所谓“温斯布雷德宣言”（Wingspread Statement）。它的内容是：

> 当某种活动可能会威胁到人类健康或者环境安全时，即使某些因果关系在科学上还没有完全的定论，我们都应该采取有关的预防措施。出于这一点，这种活动的支持者，应该负有举证责任，而不是由公众负责。

我同意原则所说的“预防”，也担心所谓的“某些因果关系”，但里面提及的“科学上完全的定论”却让我崩溃。这是虚无缥缈、无法企及的目标。世上没有任何事物是有彻底的科学定论的——甚至是重力、达尔文进化论，或者花生酱果冻三明治的安全性都没有。“科学”是个永恒的论点。对于“预防原则”，更实际的表述应该是这样的：“如果在前期已有大量可靠的科学证据能证明存在隐患，那么我们就应该采取相应的预防措施。”

正如戴森所注意到的，当前采取的“预防原则”是片面的，它拒绝了风险平衡。出自温斯布雷德会议的召集人卡罗琳·拉芬斯珀格

（Carolyn Raffensperger）的这段话被广泛引用：“风险评估体现了这样的一种观念——我们有能力估量和控制风险及伤害，而且我们能够决定哪些风险是可接受的。而预防原则是另外一种完全不同的概念，从伦理道德角度考虑，我们正在尽力防止任何伤害的发生。”净效益分析被抛在了一边。

在实际操作上，预防原则可能会导致自相抵消的结果。一边说着要等待进一步的研究结果，同时却又声称相关研究都过于危险不应该进行。一些激进分子借着“预防原则”的名义，焚毁转基因试验田，恐吓有关的研究人员。“所有的科技都被认定是罪恶的，直到有证据证明它们是无害的。”地球之友的创立者戴夫·布劳尔（Dave Brower）曾如此说。这实际是一个瘫痪无力的法则。（我可以想象到，戴夫一定会回应说：“适度的瘫痪或许对现在这个世界有好处。”）

*

让我们来听听维基百科的创始人吉米·威尔士（Jimmy Wales）所说的“牛排餐刀的谬论”。吉米的软件工程师们花费大量的时间预想维基百科可能出现的问题，然后针对这些问题设计软件解决。他举了下面这个例子来说明这种方式是错误的：

> 如果你正在筹划着开一家餐厅，心想：“嗯，我们餐厅将要提供牛排。那么我们就要准备切牛排用的刀了，如果顾客们用刀刺伤了他人该怎么办？如何防止这种事情发生？我们或许要用笼子把每张桌子分离开，防止有人用刀伤人。”
>
> 这种思路对社会的发展是不利的……当你尽力防止人们做坏事的时候，也带来了明显的副作用——你同时阻止了人们做好事。

维基百科之所以能取得巨大的成功，因为他们恪守这样的原则——从不将时间花在解决假想问题上，而是集团体之力去解决现实存在的问题，他们着眼于最急切的问题，快速有效地找到针对性的解决方案。

事物的预期效益是有限且已知的，就如“黄金米可以预防儿童失明”，但假想的问题却是无尽且未知的：“黄金米导致穷人们不吃绿色蔬菜，它可能导致维生素A的过度摄入，这可能是大公司操纵的‘特洛伊木马’诡计，它会带来无法预料的问题！”这种显然的不平衡却被看作一场博弈：这种构想认为，意外之事都是不好的事，不可能会是好事，同时现实中并不存在蓄意的恶果。事实上，蓄意造成的恶果随处可见，而很容易就能分辨意外之事也有好与坏，我们可以根据所需扩大好的方面，纠正不好的地方，由此达至平衡。

如果手机也受制于预防原则，反对手机的人肯定会争辩说：手机产生的微波辐射会影响大脑，它会恶化数字鸿沟，跨国公司会通过它来控制通信领域，它会使社会均质化——但事实证明以上种种都没有发生，尽管这项技术的确带来了一些其他的问题，如存在各种不相容的标准，导致新形式的无礼行为。然而这项技术迅速成功，做出巨大贡献，它为世界各地的人们尤其是穷人赋权增能。

已故的人类学家玛丽·道格拉斯（Mary Douglas），终生致力于对风险的研究，她留意到宗派主义团体，例如某些环保组织，把自身与世界上无尽的需求隔离开来了。她写道：“在他们眼中，圣洁与安全是永远都不够的。”她自己作为一个英国人，也很想知道：“那美国人又害怕些什么呢？他们担心的确实并‘不多’，只是他们所吃的食物、饮用的水、呼吸的空气、生活的土地和使用的能源而已。”经济学家保罗·罗默（Paul Romer）给我们补充了一个全球视野：“如果一个社会失去了紧迫感，那自然会有后来者居上替代它的地位。”

*

“预防原则”是一种公认的、对进步的阻碍，据英国《展望》杂志的报道，下议院科学与技术特别委员会提议“不应再使用‘预防原则’，应该把它‘从政策导向中去除’”。各方都在努力起草替代原则——“积极原则”（是由马克斯·莫尔和凯文·凯利提出的），“预防措施”（纳菲尔德生物伦理委员会提出的），“可逆性原则”[雅迈·卡肖（Jamais Cascio）提出的]，以及“反灾难原则”——这是在一本出色的书《恐惧的规则：超越预防原则》（*Laws of Fear: Beyond the Precautionary Principle*，2005）中提出的，作者卡斯·桑斯坦（Cass Sunstein）是一名行为经济学家，现在负责奥巴马办公室的信息与法规事务。

不过我不想更换预防原则这个说法。因为这个名字本身以及它的出发点都非常好，值得保留。但我希望把这一原则关注的焦点从无所作为转向行动——在警觉原则指导下去行动。警觉原则（the vigilance principle）的完整表述是：“永久保持警觉，是我们获得自由要付出的代价”。假如只有预防原则，它会阻挡或者减慢新事物的发展，即使我们面临一些迫切的需求的时候也是如此。预防加上警觉一起使用，可以使得我们更快地掌握新事物。这样的原则要求我们把任何新事物都看作是潜在的机遇。假如我们遇到了一种新的设备或者技术，我们就需要让来自不同学科背景的人士来对其进行监察，继而对这个新设备或新技术进行分类，以方便我们对其进行不同程度的持续跟踪：（1）临时不安全，直到我们可以证明它确实不安全；（2）临时安全，直到我们证实它确实安全；（3）临时对人类有益，直到我们证实它确实对人类有益。而随着我们的评估能力的提高，评估的准确率会随着时间推延而变得更高，公共政策也应当作出相应的调整以方便我们更好地受惠于这样的科技。

20世纪90年代初的时候，转基因作物首次投入商业种植，假如我们当时依警觉原则行事，我们就会对那些最早种这些转基因作物的勇敢的农户进行跟踪，看看是不是出现了一些信号，告诉我们哪里出现

了危害，或者我们哪里获益，尤其要留意捕捉那些我们意想不到的信号，不论是好信号还是坏信号。（举例来说，一个Bt玉米带来的意外好事，由于它们较少遭到昆虫损害，因此真菌的生长也减少了，从而降低了吃玉米薄饼导致霉菌毒素中毒的可能性。）到了20世纪90年代末，我们就会收集到整整十年的数据和经验。数据会告诉我们，直到那一刻，转基因食物明显是安全的，并且也很明显是对人类有益的。欧洲人看到这些数据也应当会开始小心翼翼地购买和种植转基因作物。而反转基因的行动人士，他们还是会持怀疑态度，但应当会停止焚烧做转基因研究的农田和实验室。

警觉原则的重点是，人们应有尝试新事物的自由，这已经得到了认可。通过散布高科技传感器，装备有无线电话的保持警惕的志愿者，可以收集到相关数据，再借助互联网技术，我们就可以对突发情况进行全天候、高密度及自动化的监控，从而做出相应调整措施。（维基百科就是一个实现警觉原则的例子：一群勤勉的业余监测者和维护者积极地监视着每个入口，在短时间内做出回应。）用这种模式来构建预警系统关键在于要识别哪些方面需要监控，就正如我们审查一项新技术的过程。（黄金米真的助长了营养不良的发生吗？真的存在维生素A摄入过多的案例吗？如果真有的话，那么我们可以考察这些状况是为何发生，从而采取措施阻止吗？）更聪明的预警措施可以是设立专门机构，用于监测发现一些意料之外的关联，例如，在石棉粉尘浓度高的地方周围肺癌发病率也高——这在20世纪30年代就被发现了，但直到20世纪80年代才有相关措施出台。成千上万人因为措施的滞后而经受不必要的伤害或死亡。

对付流行病的箴言就是“早发现，早治疗”。等着从遥远的医院那不知是否仍在世的护士口中传来消息的年代已经一去不复返了，取而代之的是对网络信息的主动监测，对第三世界食品市场动物销售条件的主动监控，“哨兵医师”网络，自动化生物测定，以及将来的更多手段。这才是我们该有的警觉系统的工作方式。

我们也应该对那些早期对新东西做反复尝试的人表示敬意。20世纪20年代，放射性元素因具有治疗的效果而得到赞誉，直到当时有一名百万富翁高尔夫球手埃本·拜尔斯（Eben Byers），喝下1000瓶当时很风行的、名为“雷迪特”（Radiothor）的放射性饮剂，之后死掉了。20世纪60年代，我的一些同代人费尽心力去证明，即使过度使用大屏显示器，也不会损害大脑或是染色体，但后来证明这可能对个性造成负面影响。我们可以依靠业余爱好者发现到底玩多久的电子游戏会导致自杀，吃多少胡萝卜才会导致“橙眼精神错乱”，要拥抱多少只灰熊才会被其中一只吃掉。由一大批律师来设立基因专利法规不见得对推动生物技术有好处。生物科技希望获得自主的发展。

现在在转基因作物领域发展得最快的国家，是那些具备科学能力和自信、用于抵抗那些谨小慎微的环保主义者的发展中国家——例如中国、巴西、印度、南非、阿根廷和菲律宾。只要它们进步，世界也会随之进步。一些基金会如盖茨基金会、洛克菲勒基金会和麦克耐特基金会都在帮助推广转基因技术——以实地的、细致的方式——向最需要这些技术的最贫困的国家推广，这些国家大多位于非洲和南亚。一味指责和抱怨，只会使得欧洲国家在这方面越来越落后。

*

那我们该如何面对上帝？我们以基因工程技术扮演无所不能的上帝，会因此受到什么惩罚吗？

知名杂志《环保教育》的编辑凯西·库姆（Kathy Kohm）也曾问过我这样的问题。“历史上，工程学的发展是伴随着一系列无法预料的后果，”她说道，“我们都不知道我们不知道什么东西。如何才能在自信与谦卑二者之间找到平衡？”我回答道：

> 这要取决于我们把什么看作新闻，我们的看法总在改变。自古希腊戏剧起，就有很多以傲慢和不可预料的后果为题材的戏

剧。

那些可以预知的结果，虽然更为普遍地存在，但却无法引起新闻和戏剧的兴趣。转基因生物已经得到广泛的试验，但除非有可疑事件发生，否则是不会引起报道的……你绝不可能看见有头条写着“转基因作物继续有良好的表现”。

先有了科学，后来才涌现出技术。然后我们在技术的帮助下进一步发展科学。这样下来我们才慢慢知道得更多。这样一个过程必须同时有傲慢与谦卑二者之交融才得以发生。

我很钦佩查尔斯王子，尤其是他对城市与建筑设计方面产生的人性化的影响。他一贯性格直率，也曾就转基因亵渎上帝发表过明确声明：“我开始相信这种转基因技术终会把人类带到上帝面前接受审判。”教皇本笃十六世在2006年对研究转基因的科学家批评道：“不遵循上帝造物的意志而修改‘生命的语法’……不是上帝却想要取代上帝的地位，这真是狂妄自大，是可怕的冒险。”

美国的左翼分子杰里米·里夫金（Jeremy Rifkin）就是王子和教皇的一位不可靠的盟友，他认为基因工程“触犯了神圣与世俗之间的界限”，必须在全球范围内禁止。[读过里夫金作品的科学家们，都认为他是美国的傻子领袖。进化学家斯蒂芬·杰伊·古尔德（Stephen Jay Gould），本身也是一名具有影响力的左翼分子，他这样评价里夫金的一本生物技术著作《基因术》（*Algeny*）：“他聪明地把一本宣扬反智的小册子伪装成一本学术著作。我未曾在大思想家的严肃作品中读到过哪怕是一本伪劣作品。”]

还有比尔·麦吉本，在他那本里程碑式的著作《自然的终结》中，谈及很多气候问题，但在转基因问题上，他却借用了里夫金的观点。他在书中写道：“它代表着自然界的第二次终结……一旦‘转基

因兔子’变得普遍的时候，如果我们在森林偶遇一只兔子，那时还会对它产生比可乐瓶更多的虔诚与喜爱吗？”

在环保主义者中，存在一种普遍情结，那就是所有自然界创造的东西都是好的，而所有人造的东西都是坏的。“四条腿的就是好的，两条腿的就是不好的。”自然界是一个整体，因此是神圣的。大自然神秘而又圣洁，然而人类是愚钝的；大自然同时也是脆弱的，容易遭受人类掠夺式的伤害。

当我们谈论“自然”的时候，我们到底在谈什么？如果我们对“自然”的概念包括物理、化学和力学，那么我们是没有可能做出一些所谓违反自然的事情的。违反自然的事情只存在于想象之中，而不可能实现。我们所做的任何事情，其实都是基于自然界允许的前提下的。在地质学的角度看来，核裂变再自然不过了。基因水平转移在细菌之间普遍发生。显然，当人们在说“违反自然”时，意思是“不符合我所理解的达尔文学说以及我所知道的传统农业育种理论”。又或者说，人们所指的“违反自然”说的是“一些我还没习惯的事物”。

在寻求伦理导向的过程中，一味抱着反感厌恶的态度是没有太大用处的。真正起到帮助的，是能意识到其中好与不好的各方面。在1999年及2003年，著名的英国纳菲尔德生命伦理学委员会曾对基因工程的伦理问题做了详尽的考察，最后得出结论：“让发展中国家有需要的人们能轻易获取价格低廉的转基因作物，是一种道义责任。”

*

大多数的环保主义者貌似并不知道现今的生物科学界到底发生了什么。他们没有意识到，面对波澜不惊的生物科技，那些反对转基因作物的斗争注定是会失败的。这本书写到这里，我们还只是在介绍一些关于农业生态系统以及遗传学的基础知识，这些都是教科书里会讲到的东西。现在我们转向关注生物学的前沿，那些在教科书上没有涵

盖的新发现与新技术。这也是提醒环保主义者们，不要继续针对这些方面花费心思了，去寻求更有力的新工具，抓住机会启动新一轮的绿色议程吧。终将有一天，转基因作物会成为过气的食品时尚，连同种种过时的忧虑被丢弃在垃圾桶里：“还记得我们曾经以为Bt玉米会带来世界末日吗？”这本书写到这里，我们还只是在介绍一些关于农业生态系以及遗传学的基础知识，这些都是教科书里会讲到的东西。

有关本章节的更新、附带资料以及插图，请见链接http://discipline.longnow.org/。





第六章

基因梦想

微生物统治着世界，就是这么简单。

——《宏基因组新科学》

20世纪70年代，在微生物学家林恩·马古利斯的引导下，我开始关注微生物的创造性。马古利斯不但和詹姆斯·洛夫洛克一起提出造了盖娅假说，还提出了内共生学说这一生物界的革命性理论。这一理论认为有核细胞（包括人类在内的真核生物就是由这样的细胞组成的）是由无核细菌（也叫原核生物）进行巧妙的聚合形成的。我们细胞中的线粒体原本只是外来寄生虫，却后来居上成了我们的主要能量工厂。植物细胞中负责光合作用的叶绿体也是由内共生的蓝细菌转化而来的。没有这些细菌就没有光合作用，没有糖的合成，也就没有人类。内共生聚合也是刘易斯·托马斯《一个细胞的生命》（*The Lives of a Cell*，1978）这本书的灵感源泉。

这一发现让我们学会谦虚：原来所有的复杂生物都是由我们眼中的虱子、细菌进行发明创造的结果。马古利斯在书中写道，这些细菌除了是自然界最具多样性的生物，“还是最古老的、经历过各种栖息地环境变化（包括其他物种的生存环境），并充分利用这一优势进化自己的生物。通过交换基因和获取新的可继承基因，这些细菌可以在几分钟、最多几个小时内扩展它们的基因能力”。所以它们是最老的、最多样性的、最快的，并且还是永生的。它们不会衰老，它们不停地分裂，生生不息。

难怪连著名生物学家爱德华·O·威尔逊（Edward O.Wilson）也在自己的回忆录《自然主义者》（*Naturalist*，1994）中写道：“如

果让我重新选择21世纪要做的事情的话，我将成为一名微生物学家。”尽管他自己对科学的革命性贡献已经有六七次之多了。

《宏基因组新科学：解密微生物星球》（*The New Science of Metagenomics: Revealing the Secrets of Our Microbial*，2007）是我最近读过的最令人兴奋的读物之一。这本书可以从美国国家科学院网站上免费下载。以下是节选的部分：

> 生物圈中的每一个活动都有微生物的参与，它们改造世界的能力似乎是无穷无尽的。是它们将碳、氮、氧、硫这些生命必不可少的重要元素转化成其他生物可以利用的形式。比如说，我们都认为光合作用归功于植物，而事实上微生物在其中的贡献最大。所有的动植物都有与它们密切相关的微生物群体，用来为自己提供必要的养分、金属和维生素。我们人类的内脏里就存活着几十亿微生物“朋友”，帮助我们消化食物、分解毒素以及抗击那些给我们带来疾病的微生物“敌人”……
>
> 微生物群体的整体活动会影响海洋的化学组成，维护我们整个星球的可居住性……
>
> 微生物能够“食用”岩石，“呼吸”金属，将非有机物质转化成有机物质，还能分解最顽固的化学合成物。这些丰功伟绩是它们通过建立一个微生物的“生产线”来取得的：每个微生物完成自己的任务，所得的产物为下一个微生物提供养料，从而保证它也完成自己的任务……
>
> 最终的目标，是在2027年前后做出一个微生物的元社区模型，把生物圈当作单一的超级有机体来解释和预测（或者反向预测）它的行为。假若我们能做出这样一个针对盖娅的基因组研究，这将会是系统生物学大派用场之日。

*

这些新科学之所以能够在短时间内成为可能，得益于对大样本微生物的联合基因序列这样的革命性技术的研究，也就是宏基因组学。微生物长期以来都是生物界的“神秘物质”，因为只有极少的一部分能够在实验室进行培养。如今有了有效的宏基因组技术，人们不再需要纠缠于有机体本身，而是通过扫描大量微生物的DNA碎片寻找它们能够合成的新的蛋白质种类，从而推断出这些基因的用途。

克雷格·文特尔的职业转折是一个很好的例子。他是在加州的海边冲着浪长大的。2003年，为了缓解因为负责人类基因序列工作而带来的巨大压力，他回到了海边，坐着自己的“巫师”号帆船来到了贫瘠的马尾藻海，收集了一些海水样本带回实验室，然后用分析人类基因的霰弹枪定序法对样本进行分析。文特尔的团队在2004年4月份《自然》的一篇文章中报告了研究结果：他们发现每一桶马尾藻海水中包含了120万个科学界尚未发现的新基因（这比之前的数字翻了一番），预示着1800种新的细菌和古细菌可能被发现。从实用的角度来说，多达800种新的基因具有感应和收集阳光的能力，其中只有200种在已知生物体中曾被发现过。就是这一次帆船之旅，文特尔从世界顶级的基因学家走向顶级的野外生物学家之一，而成就这两个壮举却用的是同一套工具。让他的竞争对手和批评家更为恼火的是，他并没有停止脚步，而是继续扬帆，完成了整个环球旅行，一路上惊喜不断。他在报告中提到：“每200英里就有大约85%的基因序列是从未发现过的。因此，海洋已经从人们以前认为的一大锅内容均一的‘汤’变成了数以百万计的随时变化的微生物环境。”

文特尔在他的演讲中将微生物的无所不在进行了可视化的描述：

> 在1立方毫米（1/5汤匙）的海水中，就有100万个细菌和1000万个病毒。这间屋子的空气中——我们已经开始研究空气基因组了——你们所有的人在这一个小时内将会吸入至少1万种不同的细菌，再加上10万种不同的病毒……所以说，你此时此刻正在跟坐

在你旁边的人不知不觉地交换着DNA……这就是我们所在的生物界，肉眼看不到，但每一分钟都在完成着进化过程……我们呼吸的空气是由这些有机物组成的，这个星球的未来寄托在这些有机物身上。如果你不喜欢细菌的话，那么你肯定选错星球了。这个星球就是个细菌之星。

的确，正如著名微生物分类学家卡尔·沃斯（Carl Woese）所说的，微生物占据了地球上所有生物80%的重量。95%的海洋生物需要用1000倍的显微镜才能看到。就连比海底更深一英里的地方也存活着大量的细菌，它们可能跟海底的沉积物有着差不多相同的年纪，也就是1.11亿岁。

再看看我们自己：人类体内的细胞只有1/10是人类特有的，其余90%都是微生物。我们就像一个可以移动的沼泽。新成立的全球宏基因组行动组织发起了一个项目，叫作国际人类微生物联合会，目前正在忙着对人类体内的所有微生物群体进行霰弹枪定序。我们人类有1.8万种不同的基因，而我们的微生物则有300万种。我们只是一个物种，而它们则是多种多样的——我们的消化道（一个包含100万亿微生物的21英尺长的生物反应器）中有1000个物种，嘴里还有1000个，皮肤上有500个，还有500个在女性的阴道里。“这是无法逃避的，”《宏基因组》这本书中说道，“我们就是一个由人类器官和微生物共同组成的超级有机体。”

那么，我们身上携带的这些微生物的净重是多少呢？细菌细胞比我们人类细胞小得多，据说大概是一只蜜蜂跟一只猫的比例。《人类的微生物栖息环境》（*Microbial Inhabitants of Humans*，2004）一书中对微生物的总重量的估计是3磅，也就是差不多跟我们大脑一样重。

*

每隔几分钟，我们体内（以及海洋、土壤和空气中）的微生物就不顾忠告、一意孤行地开始做一件被欧洲视为非法的，只有造物主才能做的事情，那就是跟它们的邻居进行基因交换，以便从竞争或者合作中获取进化优势。挥霍浪费、毫不在乎的基因工程已经作为微生物界的标准实践存在35亿年了。林恩·马古利斯在她与儿子多里翁·萨根（Dorion Sagan）合著的《什么是性？》（*What Is Sex?*1998）一书中对这个过程的描述一针见血：

> 基因重组这一概念并不是基因工程师发明的，而是借来的……细菌并不是独立的个体，而是一个超级有机体的一部分，它们响应外界环境变化的方式并不是形成新的物种，而是释放或融合它们的邻居身上的有用基因，然后进行迅速繁殖……
>
> 试想你在咖啡屋里跟一个绿头发的哥们儿擦肩而过，然后你就获得了他绿头发的基因代码，或许顺便再加上其他几个新鲜的基因。这下子你不仅能把这些基因传给你的下一代，而且在你走出那间咖啡屋的时候也拥有了一头绿发。细菌们进行的就是这样的快速基因传递。假如你拥有一双蓝眼睛（配上你刚刚得到的绿头发），在游泳池里不小心吞进了几口棕眼睛的基因，上岸以后又无意中沾上了一些向日葵和鸽子的基因。很快你就发现棕眼睛的你开始长出花瓣，并且开始振翅飞翔。等到你开始繁殖后代，你就可能拥有会飞的、棕色眼睛、绿色头发的五胎。这一切在我们看来纯属幻想，但在细菌的世界里司空见惯……
>
> 随机发生的基因变异通常作用有限，但从另一个机体“批发”过来的基因群还是能够带来一些变化的。这之间的差别就好像一个印刷错误带给一句名言的影响，让其本来的意思不再一目了然。

（引用马古利斯的这句话本身就是一个例子。如果在引用的时候稍动手脚，那么对基因变异方法的描述就面目全“飞”了。）

基因的转移分为五种，其中“垂直”的两种是我们所熟悉的，而其他三种“水平”的我们不太熟悉，但实际上却更为常见。“垂直”基因转移是通过有性或无性繁殖——后代直接从父体和母体继承他们的联合基因组（例如人类），或者通过单一母体的分裂、发芽、孢子或者未受精的卵子。所有的基因都只向后代传递，因此是“垂直的”。而在水平基因转移中，“基因可以在各种人们预想不到的传播路径中来回游走：在细胞膜之间的桥上滑行，搭病毒的顺风车，甚至被外界环境所吸食，从而成为裸体碎片”，这是《自然》中的一篇报告中提到的。（这三种方式分别被称为接合、转导和转化。）

微生物的基因转移采取除了有性繁殖之外的其他四种。据估计，80%的微生物基因都或多或少进行过水平转移。其中有一些基因比另外一些更为活跃。卡尔·沃斯将最为活跃的基因比喻为“大都市基因”或者“多彩生活基因”。它们有着很强的环境适应性。与此形成对比的是，很多基因并不会“索取”。它们出现在一个基因组里，然后就一成不变，直到逐渐被自然选择淘汰出局。

最近的研究发现了一个比较惊人的事实：那些水平转移的基因“甚至可以在不同种、属、次王国和生命形态王国之间进行转移”。[摘自在线百科全书（Citizendium）。] DNA的片段已经被检测到能在大米和小米之间自然移动。寄生类的植物和菌类能够自发地与它们的宿主交换基因。蛇的DNA能转化为沙鼠的。克雷格·文特尔的实验室发现果蝇的基因组内存活着一种叫作沃尔巴克氏（Wolbachia）的常见寄生细菌的一整套基因组，而且1206种细菌基因中的28种是对果蝇有益的。这就像是在我们人类体内发现了有着神秘作用的整套跳蚤基因组。

说到我们，新的研究发现：“全部加起来的话，像病毒一样的基因占到人类基因组总数的比例高达90%。”这是《新科学家》中的一篇报告中提到的。大部分基因无足轻重，但有一些却在几个关键的进化

过程中起到了重要作用，例如哺乳动物的胎盘和免疫系统的形成。人们逐渐开始怀疑通过病毒进行的基因交换很可能是推动进化过程的主导力量。病毒实际上就是可自由漂移的基因组，它们只有细菌的1%那么大，但种类上亿，超越了其他任何事物。《新科学家》的那篇文章里说道："病毒交换DNA的频率表明生命是有能力从外界任何地方获取新鲜物质的，也有能力在受感冒病毒入侵这样短的时间内发生戏剧性的变化。"这篇报告还说："生物圈越来越像是一个互相联通的不断进行着基因交换的网络，也就是一个泛基因组。"

这是一个转基因的世界。

*

归功于水平基因转移，微生物具备了一些让人惊叹的技能。别看它们小，它们会学习。（例如，大肠杆菌在消化过程中就能够预测，进而为它们将要面临的肠内环境做好准备。）微生物能够进行复杂的群体感应，这种感知不仅能在物种内部，而且能在物种之间进行——从这个意义上说它们是多细胞的。（为了发挥在生物膜结构和毒素释放方面的群体优势，微生物通过化学自诱导物来跟邻居们协同作战。）它们会有意地制造降雨。（有些细菌表皮上有特殊的蛋白质，可以与水分子进行结合形成雨滴或雪滴。当它们被"陷"在空中的时候，这些功能可以帮它们顺利回到地面。这样的行为的总和就形成了所谓的"盖娅"，也就是生命和周围环境之间的全局反馈。）它们可以在岩石和冰块里面存活几亿年。[微生物学家拉塞尔·弗里兰（Russell Vreeland）曾经救活了陷在盐颗粒中长达2.5亿年的细菌，他认为地质学"对于微生物来说就像是基因银行"。冰川已经被形容成"基因冰棒"。]

微生物和我们身体之间的互动是方方面面的。我们为它们提供食物，它们帮我们对食物进行发酵。我们用抗生素对它们进行清剿，而它们用疾病来报复我们。细菌是唯一残存的能对我们产生威胁的生命

体，维基百科中提到，它们能引发破伤风、伤寒、白喉、梅毒、霍乱、麻风病以及肺结核。它们还能攻击我们的农作物，使植物们遭受“病叶、枯萎和凋谢之灾，并给农场里的动物带来牛副结核病、乳腺炎、沙门氏菌和炭疽病”。但同时，我们利用它们制作发酵食品的历史也已长达几千年了，比如说“奶酪、泡菜、酱油、腌白菜、醋、红酒，以及酸奶”。

致力于将植物身上的惰性纤维素转化为有用能量的纤维素，科学家们正在对位于白蚁尾肠中不可思议的生物反应器进行研究。这个复杂的微生物社区能够将一张打印纸转化为半加仑的氢气。没有其他任何东西具备这样的能力。美国能源部秘书朱棣文（Steven Chu）曾经说过：“我们要么对白蚁体内的微生物实施基因工程，让它们产生多余的能量，要么对微生物体内的化学物质加以利用，自己动手制造更多的能量。”

克雷格·文特尔对微生物的抗辐射能力深感敬畏：“辐射会把它们的基因代码击碎，它们的水分可能会被完全吸干，但是一旦把它们放到水里，12小时到24小时之内它们就能够重建染色体，恢复到以前的状态，而且重新开始复制自己。”在这种情况下，他说：“胚种论中所说的有机体在特定环境中进行空间上的穿越，并重新开始繁殖的能力，是完全有可能发生的。如果生命能在宇宙中进行穿越的话，那么进化的过程可能就是一个60亿到80亿年的过程，而不仅仅是30亿到40亿年了。”

这就是水平基因转移的强大力量。最有创造性的生命活动就是转基因了。难怪人类已经开始利用微生物来延伸自己的创造力，这样的例子有酸奶、治疗疟疾的青蒿素、红酒以及飞机燃料。

还在上学的时候，老师教导我们要鄙视让－巴蒂斯特·拉马克（Jean-Baptiste Lamarck）在18世纪提出的进化理论，该理论认为进化是对后天习得特征的继承。他认为长颈鹿的脖子变长是因为它们需

要伸长脖子才能吃到高处的树叶，然后这个特征就传给下一代了。这个理论被批评为过于天真，并被查尔斯·达尔文的自然选择理论所超越。自然选择理论认为进化是大自然对随机继承下来的各种基因形态进行选择的结果。达尔文的结论是通过实验人员对基因进行人工选择而得出的，这是典型的垂直基因转移。但今天我们对水平基因转移研究得越多，就越觉得拉马克的理论看起来才靠谱。生物经常会根据环境的变化而后天获取一些特性，这跟拉马克的理论完全吻合。

卡尔·沃斯在此基础上提出了“达尔文过渡说”，他认为大约在20亿年前，大量的有机体出于“嫉妒”，开始保护它们自己的基因，在垂直转移和水平转移之间更多地选择垂直转移。这就是我们所知道的“物种”的起源。比如水母或者花栗鼠这样的动物，它们一代又一代之间的基因是完全相同的。就像沃斯自己说的那样：“当有机体不再一视同仁地对待自己和其他有机体基因的时候，物种就形成了。”

弗里曼·戴森的说法跟沃斯异曲同工：

> 一些细胞决定还是维护自己的“知识产权”比较好。这样一来每一项发明的受益者就局限于发明它的物种，其他物种只能依靠自己了。这样的结果就是进化过程最近20亿年以来缓慢了许多。我把这称为达尔文插曲。但是由于人类的出现，这个过程又将有所改变，我们现在已经回到了基因可以水平转移的时代了。

*

所有的生物学家现在都是基因组学家了，分子生物学加速的步伐甚至超越了IT（信息技术）技术的发展速度，生物科技的编年史学者罗布·卡尔森（Rob Carlson）在不断地更新所谓的“卡尔森曲线”。这个曲线描述的是DNA定序和合成技术（也就是对基因代码的读和写）发展速度比摩尔定律快多少（摩尔定律说的是每两年计算机能力就翻

一番）。有了这些飞速发展的技术，生物医学科技产业以每年15%到20%的速度增长，农业生物科技每年增长10%。

一个崭新的领域“合成生物学”横空出世。维基百科是这样描述这个领域的应用的：

> 工程师们把生物学视为技术，合成生物学包含了对生物技术的重新定义和扩展，其最终目标是为了设计和建造出这样的生物系统：它们能够处理信息、操纵化学成分、合成材料和结构、制造能量、供给食物，以及维护和改进人类健康与我们周围的环境。

合成生物学的主旨就是“以大自然作为实验对象”，将那些几千年来纠缠在一起的基因代码反向工程化，对它们进行重构，从而形成新的可控制的、包含了智能设计的，而不是任由生物进化过程进行像杂牌电脑一样地随意组装。哈佛大学的杰出分子基因学家乔治·丘奇（George Church）曾说：生物学终于“成了一个工程领域，拥有可以调换的部件、层次化的设计、系统之间的可操作性，还有技术说明书，这些都是只有工程师们才会喜欢的东西”。罗布·卡尔森的报告中提到，基因组最小化设计的优势正在逐步凸显：“大多数合成DNA都是由很少的几个基因组成的，最尖端的设计也不超过15个基因。

阿米里斯生物科技公司（Amyris Biotechnologies）就是利用变种的微生物体内的基因回路将植物体内的糖转化为有用的化合物，包括治疗疟疾的药物、飞机燃料、柴油以及汽油的衍生物。”

2008年，克雷格·文特尔曾经在圣弗朗西斯科向一位观众讲述他的团队是如何从一种细菌身上提取染色体，移植到另一种细菌体内，并让这些外来物成功地“启动”了整个机体，从而彻底颠覆了这个遭

到入侵的机体。他说：“这是终极的身份盗窃。”并同时感慨“这个软件能够建造自己的硬件”。

斯坦福大学的生物工程师德鲁·恩迪（Drew Endy）喜欢问他的听众是否可以对大肠杆菌加以“编程”，“从而让它们在生长期释放鹿蹄草的香味，而在休息期闻起来像香蕉”。如果可能的话实现起来又有多难，5个学生、4个月时间、花费25000美元吗？不是的，实际上只需要一个业余爱好者一天的时间，花费不会超过1000美元，就能够把大肠杆菌送去参加“香味秀”了。2001年，恩迪跟麻省理工学院的汤姆·奈特（Tom Knight）联手成立了“生物积木”（BioBricks）基金会，为创造和调整基因组提供原材料和工具。大学生和业余爱好者在一年一度的iGEM（国际遗传工程机器）盛会上展示他们的基因创新。2007年的iGEM大会吸引了来自19个国家、54支队伍的576名参与者。《石板书》（Slate）杂志报道说，参赛的项目包括：

> 能自己产生香味和颜色的乳酸菌，可以模仿红细胞行为和特性的细菌，能够检测出耐药性微生物的“病毒检测”机体，有可能被用来检测和消灭乳腺癌的病毒，能够进行水过滤的检测并消除水银的双细胞生物，以及能够模仿墨西哥足球赛中的人浪那样进行颜色变化的微生物。

2008年，iGEM大会的参加者人数比2007年翻了一番，有来自21个国家、84支队伍的1200人。

弗里曼·戴森在这样的大会上看到了费城花卉培植年会和圣迭戈的爬行动物饲养年会的影子。在那些会议上，人们可以看到最新培育出来的玫瑰、兰花、蜥蜴和蛇。戴森说：“我预言在接下来的50年内，对生物科技的征服将主宰我们的生活，就像过去的50年内计算机对我们生活的主宰一样。”他充满信心地认为一旦生物技术脱离了大公司的控制，就不会再被人们当作外星人或者备受质疑了。“一旦到

了生物开源时代，基因的神奇力量就能够被任何具备一定技能和想象力的人们所运用。”

*

仅有的几个关注这个话题的环境学家对“合成生物”的态度看起来不是很确定，不知道是否要加入、废除还是继续忽略它。2007年，反基因工程团体ETC的吉姆·托马斯（Jim Thomas）写了一份关于合成生物学的调查报告，名叫“极端基因工程”。这份报告研究事实充足、涵盖范围广，而且危言耸听的程度并不严重。他在报告结论中提到：“基于预防原则（Precautionary Principle），ETC认为，最起码，在广泛的社会讨论和强有力的监管到位之前，必须立即叫停新的合成生物体进入自然环境。”是的，假如生物技术的研究还是局限在少数几个大公司里，疏于监管，那么上述论断是成立的，但是那样的日子已经一去不复返了。分子科学研究所的罗杰·布伦特说：“每一天，在全世界的几千个实验室里，从细胞和生物体中分离出来的基因、信使核糖核酸（mRNA）和蛋白质都以比特的形式（通过互联网）或者以可自我复制分子的形式（通过联邦快递）进行传送，进而移植到其他细胞中，或者被用来合成新的生物体。”

布伦特是美国开源生物科技的主要支持者之一，其他支持者包括罗布·卡尔森、德鲁·恩迪、乔治·丘奇和克雷格·文特尔。他们都非常了解生物恐怖主义的危险，并且都跟负责生物安全的政府部门有直接工作关系。他们认为对付潜在危险，最安全也最实际的方法就是透明性和生物技术技能的推广和传播，这正像是在计算机世界里，尽管来自网络的攻击、计算机病毒、蠕虫以及其他方面的威胁层出不穷，但是借助计算机编程技能本身的传播就能有效地提高互联网安全。克雷格·文特尔说生物技术最危险的时期其实是当它被限制在苏联和美国的秘密生物武器实验室里的时候。

几十年的实验室工作和工业规模的生物反应器已经证明弱化生物体在工作环境之外的生存能力是非常容易的事情。即便不设法弱化它们，它们本身也是很脆弱的。至于说有目的地制造大量微生物，计算机科学家鲁迪·卢克是这样评价的：

> 我试图想象像细菌一样大的麻省理工学院工程师们穿上黑帮分子的衣服来到一个偏僻的巷子里，企图做一些不堪的事情。结果他们碰上了同伙，同样不堪的事情这些人已经进行了大约10亿年之久了。

对合成生物学的重要性进行提前预测的好处之一是各种综合机构的成立和会议的召开。这些活动有利于让潜在的利益方从一开始就参与进来。这些利益方除了生物科学家和生物工程师之外，还包括生物伦理学家、环境活动家、生物安全人员、社会科学家、政治家、记者、基金会和投资者。

一些比较知名的组织包括合成生物安全（SYNBIOSAFE，在欧洲）、合成生物工程研究中心（SynBERC）、国际多核苷酸合成协会，以及合成生物学工业协会。ETC组织的大规模社会讨论也在进行中。比如说2008年，德鲁·恩迪就邀请ETC的吉姆·托马斯进行了一场关于合成生物学的公开辩论。我有幸在圣弗朗西斯科参与了辩论的筹划工作。恩迪说："我想要开发出能让生物工程变得容易的工具。"而托马斯却说："不公平世界中的强大技术可能会使不公平恶化。"

就在差不多同一时间，《纽约时报》的记者在参观麻省理工学院的合成生物工作组的时候，注意到他们的任务清单上面赫然列着："种一座房子。"

现在我们需要问这样的问题：合成生物能为人类的食品制造带来什么对环境有利的好处呢？我们是对现有的农业进行微调，还是开发

新的农作物品，还是从海藻开始从头来过，还是从微生物而不是鱼类开始重新发明水生物和海底农业，还是什么别的方法？除了这些更加“绿色”的食品之外，对于绿色燃油和材料来说，情况又是什么样呢？

*

我以前做过不少跟有机农业有关的事情，甚至可以说是比我想象中的还要多。当我阅读迈克尔·波伦（Michael Pollan）写的《杂食者的窘境》（*The Omnivore's Dilemma*，2007）这本关于美国农业自然历史的书的时候，下面这段话让我有点儿意外：

> 《有机园艺和农业》这本杂志在1969年之前基本上无人问津。是《全球概览》这本书使得这本杂志开始得到嬉皮士们的关注，因为他们那时正在寻找能够不用光顾军事——工业基地而自己种蔬菜的方法。短短两年时间内，这本杂志的发行量就从40万增加到70万。

在《全球概览》中，我们的确对宾州罗代尔研究所的有机出版物进行了宣传，而且我还跟鲍勃·罗代尔（Bob Rodale）成了朋友。波伦还提到了我们收录的一篇农民诗人温德尔·贝里写的赞美阿尔伯特·霍华德爵士（Sir Albert Howard）的文章。霍华德在1940年写的《农业的自白》（*An Agricultral Testament*）一书是有机运动的奠基之作。这本书是这样开篇的：“维护土壤的肥沃是任何持久农业系统的首要条件。”

阿尔伯特爵士的著作，以及更早的一些书籍，包括富兰克林·希拉姆·金（Franklin Hiram King）的《四千年农夫》（*Farmers of Forty Centuries*，1911）和乔治·珀金斯·玛什（George Perkins Marsh）的《人与自然》（*Man and Nature*，1864），让我开始相信，

人类文明的质量和它能延伸的寿命可以从它的土壤质量来判断。因此当我看到一个以土壤为中心的新领域——农业生态学正在蓬勃发展的时候，我感到很兴奋。这个新领域包括：有机培养、永久培养、混养、保护性农业、生物农业，以及综合农业管理。我们也可以把转基因作物加进去，前提是它们是经过正确设计和合理使用的。

现在需要正式介绍一下我多次引用的两个人：帕梅拉·罗纳德和拉乌尔·亚当查克。拉乌尔目前在加州大学戴维斯分校教授有机农业课程，在此之前，他是一个名叫“肚皮鼓鼓”的商业有机农场的合作伙伴。他还曾经是加州有机农场主认证委员会的主席。帕梅拉是一个植物基因学家。他们两个人除了是结发夫妻（有孩子）之外，还在2008年合作出版了一本极具魅力、信息量很大的书：《明天的餐桌：有机农业、遗传学和食物的未来》（*Tomorrow's Table: Organic Farming, Genetics, and the Future of Food*）。基于他们平时工作中积累的点点滴滴，他们力证转基因作物和有机农业殊途同归，都是解决人类吃饭问题，同时对土地伤害最小的解决方案。书中写道：“为了解决全世界人口的吃饭问题，而又避免对环境带来比较大的伤害，需要采用一种新的方法，那就是将基因工程和有机农业结合起来……基因工程培育出抗病虫害能力更强的农作物种子，而有机农业则能够更有效地控制害虫的种类。”

为了保住他的有机证书，拉乌尔不能使用任何转基因的种子。在《明天的餐桌》里，他写道：

> 作为一个有机农场主，我希望看到更多的农场走向有机化，同时我也希望利用最先进的技术去创建一个对环境有益的、可持续发展的高产农场……既然通过育种从野生物种引进的基因能够改进农场主对害虫的管理，那么同样的方法，通过基因工程引进的基因也能够改善对疾病、昆虫以及线虫的控制，而对于这些灾害至今还缺乏有效的有机解决方案。基因工程还能够提高我们在

分子层面上对植物的理解。20年来，帕梅拉一直致力于更好地理解植物和微生物之间是如何交流的。

我也应该提一下帕梅拉最近在基因工程方面的工作，因为她对自己的成绩总是表现得很谦虚。在加州大学戴维斯分校这个世界上最好的农业科研中心，她负责一个很大的实验室，致力于改善第三世界国家的稻米质量。她跟位于菲律宾国际稻米研究所的科学家以及其他亚洲国家的一些科学家合作，帮他们从印度东部的一种古老的稻米品种中分离出一种抗水灾的基因。在印度和孟加拉，每年有400万吨稻子被洪水侵蚀，这些稻子足够解决3000万人的吃饭问题。拉乌尔在一次采访中提到："近50年以来，人们一直试图用传统的育种方法开发出抗洪灾的水稻，但都失败了。居住在缅甸、孟加拉和印度的主要洪灾区域的7500万农民每天的生活水平连1美元都不到。"

利用基因工程技术，帕梅拉展示了一种叫作Sub1A的基因，它本身就具备耐水淹的特性。有了她在实验室分离出来的基因信息，菲律宾、孟加拉和印度的育种者使用一种高精度育种技术（一种基因工程和传统育种方法混合的技术），将这种耐水淹基因移植到当地改良的高产水稻品种中去，这种新基因可以让植物在水下"屏住呼吸"长达整整两个星期。这种水下水稻目前正在孟加拉、印度和老挝的农田里进行试种（这是向大众推广之前的最后一个阶段）。

在《明天的餐桌》这本书里，帕梅拉还顺便向有机工业界提出了一个小小的挑战："由于我们的团队同时开发了耐水淹的加利福尼亚水稻变种，我们也许能够免除当地稻农对除草剂的使用。"（有机稻农通过浇灌深水把杂草淹死，耐水淹的水稻品种将使这种技术更加有效。）

那么我想知道的是，美国56个有机农业认证项目中，谁会第一个接受帕梅拉的耐水淹水稻？不错，这个水稻是基因工程的结果，但是

这里所说的基因是来自另一种水稻品种，而且它除草的方法仍然是自然和古老的。（那么现在问一问你自己，如果这种抗洪基因来自香蒲，或者鲶鱼，或者猫，或者是某个大公司，又会对水稻、稻农或者食用稻米的人带来什么样额外的危害呢？其实真的是无所谓的。）

我向帕梅拉询问她的耐淹稻谷专利的申请进行得如何了，她说：

> Sub1基因目前不受知识产权限制（我们觉得第三世界国家的稻农们太需要这个了，我们不想让申请专利的复杂过程去耽误时间）。Sub1水稻变种目前已经在稻田里试种了3年，在洪水条件下比传统稻种的收成增加了2~5倍。稻农们正在把种子包装起来，以方便下一年的播种和与邻居进行分享。孟加拉国家育种站也准备了免费发放的种子。他们希望在接下来的3年中能有满足200万英亩稻田耕种的种子。

*

有机农业如今正在蓬勃发展。在美国，有机农场在2005年已经有400万英亩，是1992年的4倍（但这仍然只是全美农场总面积的3%）。全世界范围内，有机农场总面积达到了7600万英亩，其中澳大利亚（澳大利亚！）和欧洲的一些地方的比例达到1/3之多。农民和经销商对有机作物的定价较高，有时候甚至高达传统农作物的3倍。不过如果有机业只是作为一个市场现象而存在的话，那它仍然是脆弱的。

我个人愿意花更多的钱买有机食品，只为了一个原因。我并不相信有机食品更加安全，或者更有营养，或者产量更高，我甚至也不觉得它们一定比传统的食品味道更好。但我的确相信有机农业能够减少化肥、除草剂和杀虫剂对美国的“土壤、水和野生生物”的影响。因此我多花的那部分钱其实是在服务社会，而不是为自己着想。等到下一代基因工程农业开发出更有营养、更可口又更便宜的食品时，很多

人也许就不会像现在这样慷慨了。可是那样的作物是可以也应该进行有机种植的。

“有机”的实质到底是什么？标准的定义包含了对土壤以及周围生态系统的保护，必须是依靠生物和机械方式对害虫进行控制，依靠有机物质进行施肥。只有一部分人在此定义基础上有所扩展。来自荷兰的一份权威文献是这样说的：

> 在尊重自然性的前提下，基因工程将会被视为“不自然”，因为它破坏了整体的和谐与平衡，但更是因为用来重新组合的DNA并不是“自然物质”，而是合成基（与非化学方法有关）……基因工程不尊重作为生物体所应具有的决定性特征（“自然”）。基因工程采用机理性而不是全盘性的思维方法来对待生物体。因此对有机农业工程化的反对并不仅仅是因为基因技术所带来的风险。它还与技术本身有关，并与人类对它对大自然的改造持什么态度有关。

在我看来，这样的论述只能说明一个问题：如果你用充满漏洞的逻辑进行推理，你将不会得到有用的结论。这篇论文的题目叫作“有机农业需要的是过程而不是对新兴育种技术的产品评估”。这难道意味着欧洲人从来不用经过辐射或者化学诱变的有机种子吗？在现如今的市场上，所谓的“自然”只不过是商家的噱头，或者用来转移消费者注意力的东西。美国有一种香烟名叫“自然美国精神”，包装上面写着“100%不上瘾自然烟草”。商家利用北美印第安的身份进行宣传，发放生态环境知识卡片，利用“有机种植”来抬高售价。2002年，“自然美国精神”被特大企业美国雷诺兹收购。根据世界卫生组织的调查，发达国家1/4的男性死亡（1/10的女性死亡）是由吸烟导致的。

*

一个包含了基因工程的有机农业是什么样子的？有机农夫若泽·贝尔这样写道："如果有人能提供基因工程服务就好了，提供一个基因库、一个农作物库，供人们选择任何他们想移植到特定作物中去的基因。他们可以为你制订计划，帮你播种，并提供为你量身定做的转基因植物。"你可以想象如果是雷切尔·卡森的话，她会如何对有机作物实施生物工程。她一定会把作物设计得能够保护和提高土壤质量，消除特定害虫和杂草对作物的威胁，很好地跟其他有机作物和有益昆虫进行融合，并提高土壤对碳的固化能力，减少甲烷和二氧化氮的排放，而且把它们的营养和味道改善到科学所能达到的极限，并同时给种植者提供进一步改进的空间。

除了基因"生物积木"基金会以外，让我们呼唤"农业积木"（AgriBricks）的出现吧，通过改变农作物基因排列来适应当地生态和经济需求。（如果孟山都公司因此被惹恼，告诉他们如果他们客气一些的话，你可以考虑把你对他们基因序列做过的改动授权给他们使用。很快地，他们，或者其他取代他们的公司就会向你提供实验设备了。）

对区域经济健康发展有利的一项实惠就是农贸市场的重新兴起，它们类似20世纪40年代伊利诺伊的那些市场，只是比那时候更好。1970年美国有340个农贸市场，1994年有1800个，2008年有5000个。以他在农贸市场卖有机核桃和番茄的经验，若泽·贝尔估计，如果要在那里卖转基因的有机食品的话，将会是以下情形：

> 我在南加州的4个农贸市场卖过菜，我发现人们会聆听你的种植过程，然后决定他们是否认同，以此再来决定买不买。不管是有机还是非有机的都是这样，取决于他们是否喜欢你描述的种植过程。这其中历史因素、与雇员的关系、与自然的关系以及食品安全都在考虑范围之内，只有价格往往不那么重要。

> 让我感到高兴的是如今消费者越来越在乎我们食品的味道了。这可能会为基因工程提供一些很有意思的机会。我想农贸市场可能是转基因作物最好的市场，因为在那里你有向消费者直接解释的机会。我可以向他们展示果园的照片，这样他们就知道并没有什么可担心的事情。我还会向他们解释我为什么这么做（关于经济、食品安全，以及环境方面）。我相信直接展示给他们看，人们是会购买的。

有了贝尔提到的对食品味道和新鲜程度的关注的增加，加上人们对燃料价格持续提高的担忧，以及我和我的朋友们40年来一直提倡的区域生物主义，我们已经开始看到慢食和本地饮食（Lovavore）[注]的逐渐兴起，更多的路边市场、食品合作社，以及可订购农场的产生——一种从德国、瑞士和日本引进的农业经济模式：消费者以入股的形式分担农场的成本（以及风险），作为回报，他们得到农场每周送货上门或者定点提取的高质量食品。通过屏蔽掉中间环节，这种订购模式，也叫社区支持农业，给农民们带来了更多的现金流，同时为消费者提供了更优惠的价格。

*

要想预测生物技术和有机农业如何影响世界，尤其是第三世界国家，看看20世纪60年代和70年代绿色革命中的一些成败得失就知道了。1969年，正当保罗·埃利希在《人口爆炸》一书中预言20世纪70年代和80年代将会有几千万人死于饥饿的时候，印度和巴基斯坦新的小麦、水稻和玉米品种已经开始为农民贡献收成，菲律宾也已经从水稻进口国一跃成为出口国。之所以如此是因为洛克菲勒基金会早在20世纪40年代就开始通过开发新作物和农业实践来拯救世界范围的饥民。他们最早引入的人才之一是艾奥瓦州的农学博士诺曼·博洛格（Norman Borlaug）。

然而，20世纪中期的亚洲饥荒却并非臆测。1943年，印度的饥荒使得400万人丧生。

从墨西哥的试点开始，博洛格和几十位农民以及其他一些科学家开始培育能够在发展中国家的任何地方生长的高产小麦和玉米。新品种必须是非杂交的，以便于农民们能够把种子保留下来，来年继续播种。它们还必须是光周期集中的，这样就能常年生长。以前的高产品种一个很大问题是它们成熟的时候会被果实压弯，博洛格开发了一种结实的半矮生的品种，它们在成长过程中将更多的营养输送给果实而不是它们的茎，这样它们就可以在丰收季节承受住谷物的重量。植物也不再需要长得比周围的杂草高，因为除草剂可以有效地控制杂草。在新的小麦和玉米品种被引入亚洲的同时，类似的新型水稻品种也出现在菲律宾。

农作物科学家乔纳森·格雷塞尔回忆道：

> 对小麦品种的改造格外费劲，因为携带矮生基因的染色体同时有减产基因与之紧密相连，而把它们分离开来并不容易，需要很少见的染色体重组（跨越）才能完成，也就是要从几百万颗植物中进行筛选。这个任务最终被完成了，这些新品种很快被引进到印度和中国。绿色革命带来了三倍增长的农作物产量，直接为处在战争边缘的国家提供了粮食保障，也确保了博洛格和他的同事们顺理成章地成为当年诺贝尔和平奖得主。经济学家、社会学家、政治学家、农学家和杀虫剂、化肥界的领袖们的预言也因此不攻自破。他们错误地认为农民们对新技术的接纳度有限，或者缺乏一定的基础设施、缺乏动力或者能力去购买新技术，等等。这些自以为是的所谓专家并不是非常了解农民朋友们，这一点有些不可思议，但同样的问题如今也发生在农民们对转基因技术的采纳上面，尤其是那些相对较小、资源较贫乏的农场，他们对新技术的接纳程度跟后来的这些伪专家们的预言是背道而驰的。

据估计，诺曼·博洛格拯救了大约10亿人的生命，这是史上任何人都无法与之相提并论的。埃利希预言的饥荒并没有发生，部分原因是博洛格并没有像埃利希那样整天担心人口过度增长带来的危险，而是把精力集中在如何提高粮食产量，人口的问题留到以后再解决。这种策略显然成功了。不仅如此，高产作物还对环境产生了直接的好处。博洛格在2007年写道：“如果把1950年的谷物产量放到2000年，那么要想达到同样的全球收成，就需要比1950年多12亿公顷同质量的土地面积，而不是实际所用的6.6亿公顷。不但如此，如果对环境较敏感的土地被用来耕种，那么土壤腐蚀、森林和草地面积的流失、生物多样性的减少，以及野生动物物种的灭绝将会带来灾难性的结果。”

环境保护运动向来对粮食问题漠不关心，他们认为绿色革命或多或少是个错误。当诺曼·博洛格在20世纪80年代早期准备在非洲实施他的“魔法”的时候，环境保护主义者说服世界银行和福特基金会、洛克菲勒基金会不要向他提供资助。[日本人笹川良一（Ryoichi Sasakawa）最终雪中送炭，博洛格现在在非洲12个国家都有项目。]阿尔·戈尔在《平衡的地球》（*Earth in the Balance*）一书中对总结了环保人士对绿色革命提出的批评：

> 尽管绿色革命极大地提高了第三世界的粮食产量，但它所用的技术经常是对环境有破坏性的：大剂量的化肥和杀虫剂的使用、由于灌溉系统有缺陷而导致过量用水、追求短期高产而导致土壤过度利用（这有时候会引起大面积的土壤腐蚀）、作物的单一栽培（本地品种无法得到栽种），以及总体机械化的加速推广带给富农的额外优势。

（戈尔在书中建议进行第二次绿色革命，把注意力更多放在相对贫困的农民和环境上面，使用“更先进的植物基因来提高植物自身的抗病虫害能力，从而减少杀虫剂和除草剂的使用”。）

戈尔的书是1992年出版的。就在24年之前的1968年，一位被称为“印度绿色革命之父”的科学家曾经这样告诉印度科学议会：

> 大量耕种土地而不考虑保护土壤养分和结构最终将导致土地沙漠化；灌溉土地而没有相应的排水系统将导致土地盐碱化，随意使用杀虫剂、杀菌剂和除草剂将会引起生物系统失衡；导致癌症和其他疾病的增加……对地下水的不科学利用也将会让这个通过若干年自然耕种积累下来的优秀资源迅速枯竭。用一两种高产作物在短时间内取代大量本地原生的作物种类，并成片种植它们，这容易引发严重疾病的发生，并有可能导致农作物的大面积死亡。

说这话的人是植物遗传学家蒙康布·桑巴斯万·斯瓦米那坦（Monkombu Sambasivan Swaminathan），印度最杰出的科学家之一，获得过1987年的世界粮食奖。在我看来，斯瓦米那坦对新技术的批评为类似的批评提供了一个很好的范例，因为他是一个真正懂技术的人，掌握着第一手知识，这样在新的领域尚未成形、坏习惯尚未养成的时候，就能够直接、快速地纠正所犯的错误。

然而，印度政府还是忽视了斯瓦米那坦的忠告，对地下水取用过量用来灌溉，导致含水层枯竭。许多农民过量使用杀虫剂和除草剂，的确污染了水源，引发了疾病。世界上12种最严重的“长期有机污染剂”中，有7种是杀虫剂，包括氯丹（chlordane）、安特灵（endrin）、毒杀芬（toxaphene）、DDT杀虫剂（二氯二苯三氯乙烷），以及地特灵（dieldrin）。所有这些都已经被发达国家淘汰了，但一些发展中国家还在继续使用。这些有毒物质散发到环境中，会引发癌症、新生儿畸形、内分泌失调、免疫系统功能紊乱，还有最近新出现的糖尿病。

斯瓦米那坦曾在一系列组织中任职：国际水稻研究所、国际自然及自然资源保护联盟、世界自然基金会（印度），以及联合国千禧抗饥荒特遣部队的联合主席。这期间，他致力于推动他称为“常青革命”的运动，目标是“在保护环境和可持续发展的基础上实现人人有饭吃，永远有饭吃”。他拥护“生态科技”，也就是“新技术要建立在保护生态和经济、确保性别和社会平等、有利于创造就业机会以及节省能源的基础上”。

在2006年的演讲中，斯瓦米那坦谴责了有机农业运动对基因工程的回避，同时提倡“绿色农业”：“这一概念在中国已经越来越受欢迎了。有机农业和绿色农业之间的区别是：（绿色农业）使用综合害虫管理系统、综合营养供给、科学的灌溉系统，这些都是为了保证土壤的潜在生产能力不会受损。而且你还可以根据实际情况选用分子培育或者孟德尔培育方法。”他还说：“我们是否有能力迎接全球变暖和海平面上升带来的挑战，就取决于我们是否能把有机农业和遗传学很好地结合起来。”

*

另一位绿色革命的拥护者和“内行”批评家是农业生态学家戈登·康韦爵士。20世纪60年代，他在婆罗洲（Borneo，位于马来群岛）工作，并在那里成为“综合害虫管理”的先驱之一。1998年到2004年间，他担任洛克菲勒基金会主席，同时写了一本很重要的书：《双重绿色革命》（*The Doubly Green Revolution*，1999）。书中指出第一次绿色革命的不足之处（用水过量，富农优势过度，以及忽视土壤维护），以及如何修复这些不足。康韦希望双重绿色农业革命能够在利用基因工程增加作物产量的同时，为不太富裕的农民带来更多的机会，并更加重视自然资源的节约和保护。他这样写道：“我们之所以能把生态学植入植物种子中去，很大程度上归功于现代生物科技。”新的“基因革命”将在两个方面比绿色革命更加敏捷，但同时更加难

于实施，而这正是他想要解决的问题。这一次的优势是逐渐成熟的生态学和基因工程学所带来的便利，然而，正像我前面所说的，基因工程所带来的不利因素远大于环境学家所担心的。

问题是知识产权。康韦在2003年的一次演讲中说：

> 粮食生物科技兴起的时候正是全球化改变了公共和私有领域之间界限的时候：公共利益、公共领地、公共义务变成了私有公司、私有决策和私有优势。控制科研和技术私有化的国际规章已经改变，而政府（无论是国际上还是国家内部）在这方面显得非常被动，就好像要把保证公共利益的责任委托给私营部门……
>
> 高等院校，特别是美国的大学，如今把绝大部分科学创新的许可证发给私有公司，这其中包括一些重要的基础性技术，也就是下一步的科研必须依赖的技术。这样做的结果是3/4的新技术产品，包括最初研发是靠公共支持完成的那些技术，都被私营企业掌控了……私有利益现在已经主宰了科研、生产和生物技术推广的方方面面，就连管理机构也喜欢有律师团队的大公司……
>
> 种子市场的激烈竞争和相对较低的利润率驱使这些公司把那些市场价值不足的知识产权囤积起来，从而阻止竞争对手进行相关的开发。这也无形中阻止了有些公共领域的科学家们继续为贫困农民提供服务的可能。知识产权的所属及其权利必须在产品走向市场之前进行协商和明确，而权利的多少和复杂性在迅速成倍增长，以至于一些有用的产品长期滞留在温室中无法走向市场，还有一些很好的概念无法变成现实。

在洛克菲勒基金会工作的时候，康韦开辟了两条正式的途径来解决知识产权的问题。第一项努力是与麦克耐特基金会联合起来，跟高校合作，把它们已经将许可证或专利授权给私有企业的生物技术产权同时“开放给公共领域的人道主义事业”。[这一组织名叫农业公共知识产权资源（PIPRA），位于加州大学戴维斯分校。]第二项努力是建

立一个别出心裁的合作伙伴。位于肯尼亚、由非洲人发起的非洲农业技术基金会（AATF）的职责主要是信息和协议。康韦是这样描述它的：

> 它为贫困国家提供了一些工具，用来查看公共和私有领域中分别有哪些新技术是可用的，其中包括但不局限于生物技术；帮助这些国家决定哪些最符合他们的需要，如何获取这些技术以及如何管理它们；还有如何结合各国的实际情况制定管理规章和安全条例……它将为加盟者提供先进的农业技术的使用权，这些技术是归私人或者其他研究机构所有，但不征收专利费的。作为使用这些新技术的回报，AATF将从使用者中选择一些合作研究机构，让他们利用这新技术去开发新的适合资源贫乏的农民耕种的作物种类，进行相应的生物安全测试，将研究成果（种子）发放给资源匮乏的农民，并帮助他们在当地创造市场来销售剩余的粮食。几个有名的国际种子公司以及美国农业部都对此表示了兴趣，希望能跟AATF一起努力实现他们的目标。

如果上述努力开花结果，也就是说如果大公司和北方的政府能加入进来，再如果环境学家也加入其中（而不是主动或被迫敬而远之），那么基因工程将会为非洲和其他区域带来奇迹般的改变。

*

首要的事情就是对粮食进行生物改进。木薯是一种抗干旱的根茎作物，它是非洲、拉美和部分亚洲地区8亿人口的主食。它富含淀粉，但非常缺乏蛋白质、维生素和微量元素。在发展中国家的以木薯为主的日常饮食中，蛋白质的摄取量只有正常人体所需的1/3，维生素只有1/10，而且木薯还含有一种对营养不良人群有害的氰化物。

2005年，由比尔－梅琳达·盖茨基金会资助的“木薯生物营养促进计划”启动，旨在利用生物工程大幅度改进木薯的营养成分。新品

种将实现8个目标。在营养方面，每日的饮食应该能提供一个人所需的生物蛋白质、维生素A、维生素E、铁和锌。另外，新的木薯应该是不含氰化物的，应该能储存两周而不是只有一天，还应该是能抵抗农作物病毒的。上述的每一种特性都将单独进行开发，之后再合并到一起成为一种新的全能植物。“这是史上最雄心勃勃的植物基因工程计划了。”项目负责人、俄亥俄州立大学的植物生物学家理查德·塞尔（Richard Sayre）这样评价，“转基因的好处之一就是它一旦成功就能很快出产品，通常一年就够了……当所有这些新特性都集合到农民更加喜欢的新型非洲作物之后，剩下的工作就交给非洲的科学家在他们的实验室里完成了。我们是在美国和欧洲完成工具的开发的，一旦这些工具到位之后，这个项目就变成非洲所属并负责开发的项目了。”目前，农田试验已经在肯尼亚和尼日利亚展开了。

木薯生物项目和黄金水稻项目都是所谓的第二代基因工程创新的先驱项目。包括Bt转基因玉米和抗草甘膦转基因大豆（RRS）在内的第一代基因工程将关注点完全放在提高产量上，并很快见效。超过80种转基因作物已经经过了2.5万次农田试点，证实了新技术的安全性和有效性。在这些工作的基础上，第二代基因工程把目标直接放在为消费者提供营养丰富、味道鲜美、无过敏、无毒素、每个人都可以种植的粮食。

盖茨基金会的另一个项目是非洲生物强化高粱项目，是由佛洛伦斯·温布古的非洲丰收生物基金会领导下的9个机构，包括杜邦先锋组成的联合会。高粱是一种为全球5亿人提供主食的耐旱作物。转基因将提高它的消化率，同时补充维生素A和E，铁和锌，以及三种氨基酸。它的温室试验正在南非进行。（顺便说一句，目前维生素A是以5亿粒胶囊的形式提供给发展中世界的，每一粒约合1美元的成本。从强化作物获得相同数量的维生素A的成本只有0.2美分。）转基因香蕉也正在开发中，新品种将提供足量的人体每天所需的维生素A、E和铁，主要面向以香蕉作为主要营养来源的国家，如乌干达。

“绿色和平组织伦敦科学部的珍妮特·科特说：‘绿色和平组织将努力保证贫困国家远离这些转基因的香蕉、木薯和高粱。’正像他们会继续反对黄金水稻一样。”这是引自2008年4月的《科学》杂志。

*

一名我认识的记者——格雷格·扎卡里（Gregg Zachary），在2008年写过一篇文章，关于非洲正在悄然进行的一场农业革命：

> 东非和南非的蔬菜、水果和鲜花的出口量已经超过每年20亿美元，而25年前这个数字几乎为零……“农业的驱动力主要是城市化。”伦敦海外发展研究所农场专家史蒂夫·威金斯（Steve Wiggins）这样认为。越来越多的人离开非洲的农村，留下来的农民拥有更多的土地，而城里需要购买粮食的人也越来越多……跨国公司正变得越来越多地参与非洲农业，它们逐渐摒弃种植园式的耕种，转而开始与农民进行个体承包合作，有时候与他们中的几千人签合同，有时候甚至只有数百人。中国和印度把非洲当作一个潜在的粮仓，因为他们都急切地想满足日益扩大的中产阶层群体的胃口。
>
> 被称为“合同农业”的实践已成为非洲逐渐强大的关键因素。买家同意购买农民提供的一切——咖啡、棉花，甚至鱼。这样农民不用担心产品卖不出去而烂掉，就可以尽可能多地生产粮食了。而且由于购买者——国内企业或跨国公司——从中获利，他们就有动力帮助农民提高生产力，为他们提供培训和价格优惠的种子。非洲主要作物的国际买家，无论是来自欧洲、亚洲还是美国，都再三告诉我，非洲的小农户都是依靠自家的土地和劳动力，而且不太使用化肥这样比较昂贵的投入，这样比种植园种植效率更高。

我敢打赌，就像手机一样，很多基因工程的食品革命都将在发展中国家发生。如果北方各国的有机食品行业继续禁止一切转基因，那么他们可能会将市场和声誉让给更美味、更健康、对土壤和生态更温和的转基因食物。

至于在美国，那些能够提供药用功能的基因食品成功的可能性应该比较大。很快我们就能看到转基因的猪，其猪肉含有有利于心脏健康的欧米伽3脂肪酸，就像鱼肉一样。健康熏肉！（对于那些想知道的人：其中的健康基因取自一种蛔虫。）现在，我们已经知道，红葡萄酒中的白藜芦醇是法国人寿命较长的秘诀，尽管法国人同样偏爱黄油。最近有一种转基因的红酒正在中国进行开发，这种红酒中含有的白藜芦醇是法国红酒的6倍。（其中起作用的基因是从一种野葡萄引进、用来提高植物的抗真菌能力的。从葡萄藤的角度来看，这也是白藜芦醇原本的功能。）得克萨斯州的研究人员已经开发出一种转基因胡萝卜，能够提供足够的钙，从而避免那些因为无法从奶制品中获得足够的钙的人群患骨质疏松症的危险。杜邦先锋也正在开发一种转基因高油酸大豆油，称为TREUS，它能消除烹调过程中引入的反式脂肪酸。

这些都是对美国人心脏有益的好消息。（这个不含外来基因，它是通过对一种基因进行抑制，使大豆不再产生不太健康的多不饱和亚油酸，这种大豆产生的是单不饱和油酸，橄榄油里边也含有这种东西。这是一个有趣的边缘例子。不知道反对基因工程的人是否依然会对这样一种由GE公司开发，但并不含转基因的产品网开一面？）

我相信，如果基因工程是用来消灭人类疾病的，恐怕就很少有人会抱怨了。目前有五六个正在进行的项目是针对蚊子的，它们设法让蚊子残疾或断种，使它们无法传播疟疾和登革热。日本科学家正在开发一种含有霍乱疫苗的水稻；韩国科学家正在研究一种含老年痴呆症疫苗的番茄品种。佛罗里达州的一名牙科科学家发明了一种蛀牙的永

久疗法，使用的正是引起蛀牙的链球菌的转基因版本。通过基因工程和克隆技术的组合，疯牛病就可以从牲畜（和人类）中彻底消除。我想知道欧洲对此将做何反应，因为20世纪90年代的疯牛病正是促使人们开始反对基因工程的源头。

*

接下来是树木。反对者们经常宣称："如果我们没有能够实现某某目标的话，我们的后代将永远不会原谅我们。"在现实中，我发现后人是不太回头看的；即便他们回头看，也不会注意到当时的问题是什么；即便他们注意到了，他们也并不在乎。不过在我成长的过程中碰到过一个例外。我小时候的暑假都是在密歇根州度过的。我的曾祖父那一代砍掉了整个州的白松和挪威松林。"开工砍树啦，伙计们！"我父母的房子位于整个半岛南部仅剩的两片原始松林之一，我们的白松有150英尺高。所以我知道我们失去了什么，我无法原谅。你可以在吉姆·哈里森[注]的《真北》（*True North*）中领略到那一代人当时的愤怒。其中有一个参与砍伐北密歇根森林的"刽子手"，他的儿子花了一生的时间来了解和记恨父亲对土地所犯下的罪行。

这不仅仅发生在过去。两三年前，我和妻子去了塔斯马尼亚岛，看到了世界上最高的硬木树种，气派的桉树有将近300英尺高。它们中一部分是受保护的。但仍有很多在遭受砍伐，不是用来做木材，而是要锯碎，然后做成纸板。这就像看到一个斯特拉迪瓦里做的小提琴被砸碎当柴烧一样。

我想要的是什么呢？我想让商业木材直接长成需要的样子。让基因工程来创造适合造纸的干净的、低木质素的纸浆材，或者是适合木料的纹理笔直、质地密实，并且美观又便宜的木材。这样的话，人们就不会再愿意费尽周折去砍伐野生树木了。这些树木最好以造林区的形式集中存在，这样砍伐起来比较轻松，从而就能留下更多的野生森

林。全世界范围的温带和寒带森林面积自从1950年以来已经逐步回升，这都归功于造林面积的增长。在《外交事务》一篇题为“恢复森林”的文章中，戴维·维克托（David Victor）和杰西·奥苏贝尔（Je- sse Ausubel）提到：“对相同用量的木材来讲，从林区进行砍伐所影响的面积只有野外砍伐的1/5，甚至更少。人类可以保证将近90%的森林面积受到最小的干扰，而不是砍掉全世界一半的森林。”作者进一步阐述：

> 根据联合国粮农组织的估计，如今工业木材有1/4来自这样的农场，而且这个比例在新近种植的树木成熟之后将进一步飙升。基于可能的种植率进行估计，到2050年，至少有10亿立方米的木材，也就是全世界木材产量的一半将来自人工造林区。半天然森林，例如那些自然再生但为了提高产量进行了削薄处理的森林，可以提供另一半的供应量。小规模的传统“社区林业”也能完成小部分的工业木材供应。在这样的安排下，森林居民，往往是原住民，从商业木材赚取收入，就可以为森林和居住地提供必要的保护。

环保人士已经做了大量的工作，建立和推广先进的可持续林业认证计划——森林管理委员会（Forest Stewardship Council，简称FSC）。当你购买木材的时候，看看上面有没有FSC标志。目前由FSC批准的14万平方英里可持续森林中，大约1/4是人工林。但是，由于种植园是经过基因改造的树木被引入的地方，FSC将无法帮你找到林业界最好的可持续发展的实践，因为FSC认证计划排除了所有“从有转基因树木生长的林区砍伐的木材”。也许一些富有冒险的FSC专业人士可以开一家附属机构FFSC——“弗兰肯斯坦森林管理委员会（Frankenstein Forest Stewardship Council）”，对基因改造的树木进行监督和评估，最大限度地确保它们是绿色的。

*

基因漂流将是一个主要问题。最早被大家（中国、美国、英国等）基因改造的是杨树，因为它长得又快又高。有些人用它做纸浆，有些做胶合板，还有一些用于生物燃料。用来做纸浆或生物燃料的杨树最好是用低木质素的品种，这样处理过程更加便宜和干净，造纸厂排出的毒素也更少。最能说明基因流问题的是中国种植的Bt抗虫杨树。在被证明对昆虫非常有效之后，有两个转Bt基因欧洲黑杨树品种于2002年被出口，参与到中国的巨大造林运动中。引用中国林业科学研究院的王豁然在2004年所作的报告：

> 中国政府已经制定了林业发展的伟大目标：森林覆盖率将在2010年达到国土总面积的19%，2020年将达到23%……森林遗传、林木基因改良和驯化，毫无疑问，都将参与到实现这个目标的努力中来……
>
> 据估计，100万棵转基因黑杨至今已成功繁殖，并在种植园中栽种……然而，准确的转基因种植面积很难估计，因为经过改造的树木很容易繁殖和买卖，而从形态上区分转基因树和非转基因树又非常困难。市场上的一些园丁为了卖个更好的价钱，宣称他们卖的是高科技的基因改造树木。这样，很多植材从一个苗圃转移到另一个，很难跟随它们的行踪……
>
> 通过空间隔离来降低转基因树基因流向非转基因树的风险是几乎不可能的，因为同一片森林中杨树之间的自然杂交是易如反掌的事情，而且这种树木在中国北方广泛种植，花粉和种子的散播也是无法避免的。

于是就出现了环保人士最担心的情况：转基因从此挣脱了束缚，而且发生在一种寿命较长、杂交很活跃的生物体中。这为进行基因流研究的学者提供了一个千载难逢的田野研究的机会，他们能够了解到基因漂流发生的频率以及它所带来的危害到底有多大。

如果对中国杨树的彻底实地调研能够完成的话，以下是我对将来的预测：

- 一种快速、便宜的检测转基因杨树的方法将会出现。
- 实际发现的基因流将比预期少得多。（主要障碍是美国杨树工作组的论文中所称的“基因惯性”，文章中列出的惯性元素有“延迟开花，寿命长，生长持久，广泛的野生站，以及稀释野生站人工林衍生繁殖”。）
- 抗Bt害虫的进化将在一个可控的速率下发生，这归功于非基因改造杨树的存在为那些害虫提供了避难所。
- 转基因对非转基因杨树生态的危害将是微不足道的，尤其是跟气候变化、栖息地的丧失和外来入侵物种的影响相比。
- 然而，为了消除时下流行的转基因“污染”恐惧症，一些不育的转基因杨树品种还是会被开发出来。

也许我的预测是错的。真正的结论要出自科研实践。在研究成果出来之前，人们会听到各种各样的断言，但这些断言是完全没有实际用处的。你们已经知道我的断言了。另外一方，全球司法生态项目的断言是这样的：“经过基因改造的树木会不可避免地污染原生森林，这会破坏野生动物，引起淡水和土壤的枯竭、原生森林生态系统的崩溃、以森林为基础的原住民文化社区的消亡，以及对人体健康的严重影响。”我对此表示怀疑，但中国的例子会说明一切。

*

转基因农业的主要驱动力之一是气候变化。以前“我们如何种庄稼”是一个气候问题，如今必须转化为一个气候解决方案。这一转变部分来自采用更好的农耕实践去丰富土壤营养和保护荒地，另一部分则来自经过基因工程加工的“种子生态”。

以一氧化二氮为例，它是比二氧化碳还恶劣300倍的温室气体，是从施有大量化肥的土壤中产生的。《新科学家》的一篇报道说："如果氮肥使用量减少1/3，温室气体排放量的减少将会比让全世界的飞机停飞都多。"更多的有机农业会有所帮助，正在开发的水稻和其他作物的新的基因品种也会有所帮助。这些新品种能够更有效地吸收化肥中的氮，因此所需的化肥量将会减少，节省了农民的开支，同时减少大气污染和水污染。

再想想人类和牲畜、宠物们呼吸、打嗝或放屁时排出的气体。洛夫洛克说，这些气体占到总温室气体排放量的23%。澳大利亚在这方面有所行动。他们的一个项目就是要开发低木质素的草，从而将奶牛的甲烷排放量减少20%。另一个项目是试图将袋鼠的消化道微生物移植到奶牛的内脏中去，由于袋鼠是甲烷零排放的动物，它的消化道细菌的移植希望能够带来15%的甲烷减排。（对人类来说，一种名叫"袋鼠"的对生态友好的益生菌酸奶也在研制中。）

关于能源效率，密切关注可能带来各种可能的收益。有一种叫植结石的东西，也被称为植物硅酸体。它们是微小的二氧化硅球，能够锁定土壤中的植物碳长达几千年。所有农作物都有植结石，而且可以被基因改造而产生更多，由于对碳有封存作用，农民们将因此赢得一些碳信用额度。

所有研究基因工程的基金会、公司和政府机构都在开发耐旱和耐盐的作物品种，特别是针对非洲的干旱气候。这类作物对于适应即将到来的气候变化至关重要，而且（开发得）越快越好。但生态学家的担心也是必要的：由于在这种恶劣的土地环境中生长的原生植物很少，这些转基因作物可能会因为缺少竞争对手而疯狂地成长和蔓延。这将成为一个严肃的生态研究课题，必须通过田间试验找出最好的如何对新作物的生长进行一定限制的办法。

生物燃料有利于减少温室气体，但将粮食作物转变成生物燃料从经济的角度来说并不是一个好选择。第二代生物燃料使用生物技术将不可食用的植物转化为燃料，如柳枝稷、麻风树（它有油性种子）、麻、杨树、柳树，以及农业废弃物如稻草、玉米秸秆和被削剪的树木残枝等。一些对植物本身的基因改造可能是必要的，用来帮助那些紧密连接在一起的纤维素转化为燃料，但大部分的工作将会是对大量的微生物进行基因微调，从而借助它们完成纤维素向燃料的转化。克雷格·文特尔警告说："如果（微生物）不满意它们所做的事情，它们将会慢慢向远离这些事情的方向进化。未来的一个关键部分将是设计一个系统，让这些小生物不会那么的不开心。"随着他的新公司"合成基因组"（Synthetic Genomics）的成立，文特尔已经成为进行生物燃料淘金的无数企业家之一。

"燃料和石油工业是一个几万亿美元的产业。"他说。

> 作为燃料烧掉的石油同时也是整个石化行业的基础。我们穿的衣服、用的塑料和药品都是从石油及其衍生物中得到的。目前石油是分散在全球各地的，需要花很大的力气把它们运送到数量有限的几个炼油厂。生物学能够让我们以一种更加分散式的方法获得相同的燃料。我设想也许需要100万个微型炼油厂。企业、城市甚至个人都可以拥有这样的小型炼油厂来制造自己的燃料。这将消除很多的运输问题以及相关的污染。

这只是一种愿景。另一种愿景在写给英国的绿色偏执狂杂志《生态学家》编辑的一封信中有所表述："我们面临的最大的噩梦是我们试图通过基因工程增强植物将纤维进行液化的能力，而纤维素是组成植物的基本成分……有一些转基因作物能够逃掉这个噩梦，重新适应，然后继续繁殖。它们可能会成为绿色瘟疫，造成整个蔬菜王国的崩溃。这不是危言耸听。"（上一章中提到的1977年詹姆斯·沃森关于纤维素的评论应该彻底埋葬时不时出来捣乱的"绿色黏质"说。绿

色黏质如果能在世界上生生不息的话，微生物早就应该把它发明出来了。如果我们尝试创造绿色黏质，微生物一定会把它们打败的。）

合成生物学家乔治·丘奇还有另一个愿景：“最可持续发展的能源是阳光，最方便的产品是能够通过管道运输的石化产品。因此，我会试图发明一种多年生植物，能够把阳光中的纯化学物质——辛烷、柴油、塑料单体等——直接转化为可以管道运输的石化产品，而不需做进一步的净化。”

在另一个分布式能源解决方案中，文特尔想要把他开发的技艺高超的微生物直接使用在能源工地上，使能源效率最大化。他告诉圣弗朗西斯科的听众：“我的新公司正在跟英国石油公司进行合作，试图在地球深处使用生物学的方法把煤炭转化成甲烷，从而停止煤炭的开采……同样是达到把地下的碳开采上来的目的，但相对于挖掘煤矿然后拿来燃烧，效率提高了10倍。”

*

从近年来与美国情报界一起工作的经验中，我已经了解到一些环保人士的观念。从国家安全的角度来看，任何新技术的出现都提出了一系列让人焦虑的问题。这一新生事物将如何伤害我们？是谁在创造、推广和抢夺这个新技术？他们的目的是什么？该目的又如何对技术的发展产生负面的影响？

这样的技术偏执（technoparanoia）某种程度上可以成为自我实现的预言。它会把不信任制度化，并且创造出一套解释工具。他们只看到技术带来的威胁以及只会把技术看作是敌人，而他们这样做就促使他们的预言成为现实。无论你是在捍卫一个民族或整个自然界，对于任何新技术来说，一个更有用的假设是：它是中性的，创建和使用它的人也是中性的。你的工作应该是帮助它最大限度地发挥优势和减少危害。光是隔岸观火是不够的。特别是对环保人士来说，消除对新

技术的怀疑的最佳方式就是拥抱它，以免它落到那些认为没有任何问题的发烧友手中。

我很想看到那些致力于环境学研究的科学家们能够为基因工程做些什么。除了确保制定管理制度所需的透明度，他们可以使用一些强有力的新工具来帮助解决这个领域最棘手的问题。例如消灭一些外来入侵物种，如葛根、中华绒螯蟹，或者用便宜的细菌传感器来检测水中的毒素。（最后一个已经由三个来自布朗大学的学生完成了，他们因此赢得了2008年iGEM大会的最佳环保项目。）

在20世纪70年代，电脑黑客们把机构控制的计算机改造成个人计算机。绿色生物技术的黑客在哪里？对于我们应该采取的态度，草根创新组织“发明者博览会”（Maker Faire）的一名参与者一语中的：“我们要把技术拿来，把后盖打开，然后把我们的手伸进我们不该去的地方。”无论是住在印度贫民窟里对手机进行反向工程来编写自己的维修手册，还是像德鲁·恩迪那样向业余生物工程师发放“生物积木”，或是像西非的合同农户一样围绕基因作物和牲畜重新塑造非洲传统的混养机制，真正的吸引力是这些草根手里能掌握多大的能量。

我认为每一个环保组织都将从与这些人的密切合作中受益。任何新技术的本质都可以从爱好者如何使用它中得到启发。建立在实践者经验基础上的批评建议才是有价值的，而不是那些意识形态或理论上的，而且一旦有问题，在向大众广泛推荐解决方案之前，可以在应用前线进行事先试验和验证。

如果环保人士和其他怀疑基因工程的人在20世纪80年代开始就采取这种方法，与基因领域的研究人员紧密合作，他们很快会发现基因食品是可以安全食用的，基因作物可以是对生态有益的。企业起到了很重要的作用，但它不一定是这个领域的唯一参与者。环保人士本来是可以推动发展中国家的双重绿色革命的，结果却拖延了革命的进程。20年的时间、金钱、人力和信誉都浪费在反基因工程运动中了，

这些资源如果用来解决真正的而不是想象中的环境问题，从头绿到脚的基因工程早就出现了。

*

到此为止，这本书的新内容就基本结束了。城市是绿色的，核能是绿色的，基因工程是绿色的。这本书的其余部分是关于如何不重复我们在以上三个问题上所犯过的错误，地球栖息者是如何切实关心我们身处的大自然，以及如何作尽可能少的改动来管理全球规模的自然基础设施。

有关本章节的更新、附带资料以及插图，请见链接 http://discipline.longnow.org/。

---

1. 土食是指为了减少因运输而产生的能源浪费，只吃当地生产的食物。——编者注
2. 吉姆 ·哈里森（Jim Harrison），美国著名诗人，其诗作以描写自然著称。





第七章

浪漫主义者、科学家、工程师

我看到自己成了一圈骨头

在水中央

我发誓

永远都要开放自我

任水流进来

直到我听到“骨头的声乐”

如钟声一般的声乐

——卢·韦尔奇（Lew Welch），《骨头的声乐》

每天我都在想自己对多少事情的看法是完全错误的！

——吉姆·哈里森（Jim Harrison），《真北》

环保人士拥有了绿色。这是非常惊人的，是一个了不起的成绩。自从共产主义拥有了红色以来，还未曾有过哪个运动可以拥有一种颜色。绿色的特别意义还会延续多久？

“什么是环保运动呢？”一本“绿色”杂志的编辑如此问道。我听到自己说：“环保运动是由科学、技术以及情感几种力量融汇在一起，去引导公众舆论、公共政策以及个人行为，使自然系统保持健康的一个运动。”

我的理论是，环保运动的成功是由两股力量交融在一起而形成的——浪漫主义和科学——这两者常常是彼此对立，此外还有第三种力

量正在崛起。浪漫主义者感受自然，科学家则研究自然。浪漫主义者喜欢讲道德，他们对于社会的主导力量持反叛立场，并且对于任何偏离正确路线的人嗤之以鼻。他们不喜欢承认错误或改变方向。科学家则讲究伦理，而非道德，他们对于任何人们所认为的占主导的范式都持反叛立场，并且会彼此争论。对于科学家而言，寻找错误就是科学的任务，改变方向就是目标。

环保运动能够吸引这么多浪漫主义者参与是一种幸运，因为他们可以激发发达国家的大多数居民也将自己看作环保人士。而这就意味着科学家和他们的观点总是占少数，并且当他们的观点不被大众认同时，他们很容易被忽视、打压，或者是妖魔化。

有一拨新的环保人士的加入正在改变这一格局。工程师参与进来了，他们看到的环境问题既不像浪漫主义者那样认为是悲剧，也不像科学家那样认为是一个谜团，他们只觉得那是一个可以寻找到解决办法的问题。他们向科学家要数据，以寻找到问题的解决办法，科学家则赞赏工程师的加入，因为新的科技使得科学可以走得更远。浪漫主义者不信任工程师——有时候这是对的——他们认为工程师很傲慢，并且对于解决问题的前景感到不舒服，因为他们认为，问题根本就解决不了。

浪漫主义者喜欢问题，科学家发现和分析问题，工程师解决问题。

*

不过，这是过度简单化了。并不是传统的认识促成了美国在20世纪70年代通过了很多环境方面的立法——包括《清洁空气法》（*The Clean Air Act*）、《清洁水源法》（*The Clean Water Act*）、《濒危物种保护法》（*The Endangered Species Act*），以及环保署的设

立。那些致力于草拟和力争让这些法案获得通过的律师，应该称呼他们“政治工程师”吗？

20世纪30年代的时候，当时的猎鸭者开始了保护湿地的运动，70年后的今天，他们依然在坚持这项事业。北美洲有2400万亩的水禽栖息地得以保存下来，保护起来并且恢复了当初的生态，这些都是得力于一个由77.5万名成员组成的“无限鸭子”联盟（Ducks Unlimited）的努力。

是真实的个人，而非纸上的文字，使得民众参与废物回收行动，使得洛杉矶以及伦敦泰晤士河的空气得以变干净，并且使得生态学变成一种哲学，使得生态旅游变成一个产业，使得关于野生动物的电影成为娱乐的一种，使得流域成为城市规划师的词汇，使得城市里种起了很多树，也延缓了亚马孙热带雨林被摧毁的速度，阻止了酸雨以及臭氧层空洞加剧，拯救了秃鹰与鹤群，创建了遍及全球的绿色组织，在每一个政府层级都建立了荒野公园，从小城市到世界遗址……这一列表还可以继续下去，写满这本书剩余的篇幅。不过，这些确实是填满了保罗·霍肯所写的《看不见的力量》（*Blessed Unrest*）这本书里关于此类环保行动组织的推广页面。

我在这里还是集中笔墨去谈一些主角，因为通过他们，我们可以知道怎么去理解正在发生的一些事情。2007年，气候变暖在全球范围内成了主流话题，环保人士有了成就感，塞拉俱乐部的领袖说：“今日我们所看到的环保风潮，可以媲美1970年首届地球日时的盛况。”整个地球终于就绿色达成共识了，而环保人士只需抓住这一机会，继续推进他们的项目就能赢得最后的胜利。

这就错了。我们一直坚持到今天的绿色议程已经过时了，因为它太偏向负面，太偏重传统，太专一，太容易在政治上让人一边倒，这些都不足以让我们解决今日所面临的如此大规模的气候问题。环保人士非但不会走上新的主导角色，还比以往任何时候都面临着更大的被

边缘化的危险，因为他们很多的深层目标与历经反复修改的战略已经不能用以解决今日的新挑战了。环保人士习惯于要从人类文明中解救出自然环境，现在，他们遇上了未曾接触过的新挑战：把人类文明从自然环境中解救出来，他们要对付的是复杂的气候。

当你认为自己正在获胜的时候，也许是最难改变方向的，但事实上现在正是一个充满机遇的时代。我们有充足的资源，我们有很多有想法的新人。当老一辈的环保人士还在各种倡议活动中周旋的时候，年轻人却可以打拼出新的方向。假如我们对过去采取非情感化的回顾，可以抛弃掉那些陈旧的观念，并且尝试到曾经一直被认为的忌讳地带去发掘新的价值。这就是我将要在这里展示的一种模式，这不仅是写给那些捍卫草原的环保人士看，而且也是写给新一代受到气候问题之刺激而成为环保人士的同伴看的——他们是绿色生物黑客、绿色科技爱好者、绿色都市主义者和绿色基础设施建造者。

*

一开始是浪漫主义者——代表人物有亨利·梭罗、约翰·缪尔、戴维·布劳尔、埃德·阿比（Ed Abbey）、戴维·弗尔曼（David Foreman）和朱利亚·布特弗莱·希尔——他们告诉我们不能故步自封，要以开放的胸怀接纳一切，并且要随时准备好因为我们对自然最深度的联系而改变我们的生活。我从斯坦福毕业的那一年，布劳尔发布了塞拉俱乐部的自然摄影系列丛书。其中第一本是《这就是美国的土地》（*This is the American Earth*，1960），这本书的照片来自摄影师安塞尔·亚当斯（Ansel Adams），正是它使我走上了迄今依然在走的这条道路。埃德·阿比则是一位擅长描写沙漠的作家，他给我带来了更多浪漫主义的东西，还有像“地球第一”的戴维·弗尔曼以及仿佛神秘大树般的卫士朱利亚·布特弗莱·希尔，他们都充分地展现了浪漫主义之美。

人们了解了一些知识，知道该为什么目标而抗争，以及该反对什么，这给他们的生命带来了意义，但这本身也是一种纪律：你千万不要放弃你的这一信念。但这种意义是虚幻的，而且会成为我们看到真实世界的阻碍。盲目地认同某种充满神秘色彩的事物，这本身就是创造灾难的良方，尤其是在充满变化的年代。

在20世纪60年代、70年代，美国加州是一个可以让你摆脱神秘主义的地方。因为那里有各种接连不断的大师和神秘人士路过，他们兜售着各自的玩意儿，这样反而使得他们相互削弱了，而这些显然比不上毒品，而且毒品也是彼此抵消了。狂热的想法，假如是过度地分享出来的话，就会变成陈词滥调。剩下来的就只有每天日常的种种现实，各种谈判，没有绝对，但充满了意外。

1997年，我对浪漫主义的不信任达到了顶峰，那是因为我看了一本书，那是由阿瑟·赫尔曼写的《文明衰落论》（*The Idea of Decline in Western History*）。这本书尝试去回答一个问题：是什么使得衰退这样的话题变得越来越受到人们欢迎？几十年来，欧洲和美国的主流知识分子都认为世界正走向没落，所谓的进步其实是一个谎言，而坏人、坏的思想以及坏的机构则是导致好的东西变坏的根源。

但是在现实世界里却有充足的证据暗示事实并非如此，但这些完全没有进入末世论者的视线。

赫尔曼区分了两种不同的悲观：历史悲观主义（代表人物是雅各布·布克哈特、奥斯瓦尔德·斯宾格勒、亨利·亚当斯、汤因比、保罗·肯尼迪）以及更为可怕的文化悲观主义（叔本华、尼采、海德格尔、萨特、法农、福柯、赫尔伯特·马尔库塞、乔姆斯基以及很多当代的环保人士）。赫尔曼写道：

> 历史悲观主义者认为人类文明遭受着不能克服的恶性力量的攻击；而文化悲观主义者则认为，这样的力量从一开始就在塑造着文明的进程。历史悲观主义者担心他们所在的社会会自己摧毁自己，而文化悲观主义者则认为，社会本身是需要被摧毁的。

尼采写道：“在所有能够彰显现代人之特征的所有事物上都带有颓败的元素。”“我们难道不是在一个没有尽头的空虚里游荡吗？我们难道没能感知到空洞的空间深度吗？它难道不是在变冷吗？难道黑夜不是一直都在向我们扩展？”

1992年的时候，任何一位对环境持悲观主义观点的人都会以一种胜利的姿态说：

> 现代人正在急速地毁坏他们所赖以生存的自然环境。在地球的任何一个角落上，看到的都是同样的情景。森林被砍伐了，湿地干涸了，珊瑚礁被淘光了，农业用地在消失，在被盐碱化、沙漠化或者干脆就变成了公路。污染也变得更为随处可见了——地下水、溪流、河流、河口以及海洋，我们所呼吸的空气、我们吃的食物，所有这些都被污染了。
>
> 正因为我们的这些行为，很有可能导致每天有数以千计的物种因此走向灭绝。而这些物种当中，科学家认识的只是其中很少的一部分。当我们以这样的方式毁坏自然环境的时候，我们正使得地球变得越来越不适合生存，假如目前的趋势持续下去的话，不出几十年，地球将不再能够支撑复杂生命的生存。

[这是爱德华·哥尔德斯密斯写给《道：生态世界观》（*The Way: An Ecological World-view*）这本书的序言。他所担心的东西单独来看是正确的，但是他选择的参照物是有偏见的，并且其愤怒的色彩显然使得他夸张了很多问题。]

*

阿瑟·赫尔曼将这样的浪漫主义以及其使人颓丧的故事的起源追溯到一个人和一件事——让·雅克·卢梭和1789年的法国大革命。卢梭当时信奉了构想出来的原始主义并且声称："在人手里，所有东西都会走向颓败。"他希望回到纯真和自由，这应当是与法国贵族被推翻有关系的。欧洲的知识精英在1789年的时候非常欣喜地看到新时代的到来，也看着这一新生在4年后变成血腥和恐怖。正是经历了这一创伤，知识分子由浪漫主义转为绝望以及抗拒，并且一直到今天都是如此。

赫尔曼追寻着浪漫主义在之后几个世纪的走向，发现它经由奥斯瓦尔德·斯宾格勒的《西方的没落》就直接发展为纳粹德国。"希特勒他们那一代是第一批接受文化悲观主义教育的欧洲人"。

在纳粹运动期间，有一波让人不安的绿色运动的风潮。我第一次接触到这一事实是1977年的时候，当时我负责编辑的《共同进化季刊》里刊载了一篇文章，讲述的是德国流浪者的故事——他们是19世纪末期的嬉皮士，那时他们追求回归田园的生活，结果非常轻易地变成了希特勒的同党。赫尔曼的这本书里还提到，生物学家恩斯特·黑克尔（Ernst Haeckel）第一个提出了生态学这个词（oekologie，1866），他当时还主张优生学，希望通过安乐死，把"犹太人以及黑人那样一些劣种"从欧洲清理出去。彼得·科茨（Peter Coates）在《西方对自然的态度：从远古到现代》（*Nature: Western Attitudes Since Ancient Times*，2004）一书里说："纳粹德国创建了自然保护区，采取了进步的森林政策，并且还注重生物多样性，这在当时全欧洲范围内居于领先地位。"

尼尔斯·吉尔曼是GBN的成员，他总结"纳粹主义的绿色面目"这一辩论时给我发来这样的文字：

我认为关键且没有被讨论到的是以下方面：第一，纳粹利用他们在绿色建设方面的成绩来争取和扩大群众支持；第二，当时不论是在德国国内还是国外，都没有人认识到纳粹的环保主义政策以及纳粹的其他政治纲领之间的冲突。总体来说，虽然没有明显证据表明对生态友好与纳粹或本土主义之间的关系，但历史上这两种运动之间有很多地方可以相互联系，并且未来还有可能重现。

*

时间过得真快。现在德国再次成为欧洲范围内最绿色的国家，但这一次德国的政治结构是如此偏左，以至于强大的绿党成员被民众称为西瓜：内红外绿。这样的转变在世界范围内都是常见的。过去，提倡环保教育的就是保守人士，基本是猎鸭者以及像罗斯福那样的政治家的做法。进步则属于进步派，但后来他们感到害怕，就转变了思路。他们开始去反对他们所认为的科技对进步构成的威胁，由于进步给大自然带来的破坏，以及由资本主义所驱动的这种进步。而这样的做法则惹怒了保守派，他们是热爱资本主义的，并且他们要反对新兴的反改革的进步派就意味着要同时反对他们的环保主张。于是整个政治格局都反转过来了。

这已经变成一个问题了。全球范围内，政治领域的普遍格局是，绿色环保代表左派，左派就是绿色，而右派则等于反绿色。这样的思想对于自由派来说也许是有益的，这样可以使得他们有科学以及自然系统的支撑，但是它同时也会挡住保守派的视野，并且极大地损害人们在环保方面的看法。而随着他们在政治上成为少数派，环保人士的思维也会随之受到限制，他们在行动上的有效性也会被边缘化，因为他们说的任何一句话都会被那些对自由派产生怀疑的人所忽略。数不清的保守派拒绝把气候变暖当作一回事，因为他们不能接受戈尔成为右派这样的事实。

我就亲历过这样一种狭隘思维。那是1966年的时候，我有一次跟随着一班吃过致幻剂（LSD）的人到楼顶上去，给那里的人派发印有“为什么我们还没有看到整个地球的照片”的徽章。当时所有新左派的人士都反对肯尼迪政府的太空计划，他们将其看作“冷战”的一部分（这是正确的），是由军方主导的，并且不会有什么好的目的。[只有阿比·霍夫曼（Abbie Hoffman）持相反的观点，他说：“你们这是在说笑吗？我们是要去月球啊！”]环保人士跟左派一起反对太空计划，他们说：“我们要先解决地球本身的问题才能离开地球。”

唯一例外的就是雅克·库斯托（Jacques Cousteau），海底探险的先锋。1976年，他接受《共同进化季刊》采访的时候说，在20世纪60年代的时候，他有很多的同行认为美国的太空项目耗资巨大并且没有多大实际意义，但是他是支持这个项目的，一开始是基于哲学上的理由，之后很快就变成了实用方面的理由。库斯托发现，卫星才是唯一可以帮助我们对海洋进行监控的方式。

虽然很多环保人士尝试去关闭或者忽视太空项目，但是他们从太空项目当中获得的好处远大于其他人，并且早于其他人。正是因为直接受到由太空发回的地球照片的启发，于是，他们于1970年发起了第一届的地球日，并且吸引了2000万美国人参与到游行当中。于是环保运动由此肇始，并且有了一个全球共同认可的标识，并且几十年来一直保持着这个关联。罗伯特·普尔（Robert Poole）在《地球崛起》（*Earthrise*，2008）一书中写道：“一旦地球在人们的视野里出现之后，就吸引了很多朋友，他们开创了地球之友组织。1969~1972年间我们看到有至少7个主要的全国性环保组织建立了起来。”

那是什么使得库斯托可以那么早就预测到太空项目给人类带来的好处？他对于新科技不会发生过敏反应：他是水肺的发明人，正是这一发明使得海底探险成为可能。探险者的心态让他把太空当成下一个海洋，而另一方面，作为一个科学家他也在发问：卫星可以为他做什

么？因为他不属于任何党派，因此他不必遵从任何一个狭隘的主张。跟他的科学同行持相反意见不但不会破坏他们的团结，反而是他作为一名科学家必须做的事情。

而团结则是被左派人士遗弃的一种思想，并且它在环保运动中没有占据一席之地，正如他们的一首歌的歌名所言：《你是站在哪一边的？》（*Which Side Are You On?*）。正是这样的思想使得英国“自然之友”协会因为核电问题而抛弃了他们的受托人休·蒙蒂菲奥里（Hugh Montefiore）。（他支持核电，并且认为这才能让我们走出气候变暖的困局。）而解雇蒙蒂菲奥里的则是地球之友的主管托尼·朱尼珀（Tony Juniper），他说，在组织内部可以有辩论，但是不应该将辩论带到公众视野里。我认为这是自我拆台的一个做法。对于一个组织或一场运动而言，做正确的事情比坚持做一件事情来得更为重要，而要找到什么才是对的就需要有辩论，并且要尽可能公开，因为随着时势的变化，什么东西才是对的也会跟着变化。

*

浪漫主义式的观点或者是这样的政治立场，可以给人们一种认同感，并因而激发他们去行动，但是它对于解决问题没有多大帮助。“实用主义的其中一个观点是，对于某个具体问题，必须去分析其细节，这是无法逃避的。”这是丹尼尔·法伯（Daniel Farber）写的法学著作《生态务实主义》（2000）里的一句话。

保罗·霍肯有过一段最精彩的与名片相关的故事（以下是引用）：

> 过去15年里，我做过近1000场关于环境的演讲，而每一次演讲结束的时候，都会有一些人围在一起讨论，问我问题，而且跟我交换名片。这些跟我交换名片的人正在解决某个我们这个时代最为突出的议题：包括气候变化、贫穷、森林砍伐、和平、水、

饥饿、环保教育、人权以及其他方面。他们来自非营利以及非政府组织，或者说是来自公民社会。他们正在看护河流和港湾，正在向消费者传递可持续农业方面的知识，用太阳能板翻修他们的房子，推动关于排污方面的立法，与那些偏重于大企业的贸易政策进行斗争，努力绿化内城，对孩子进行环保教育。简而言之，他们正在努力尝试保护自然，以及维护正义。

霍肯一直坚持收集这些卡片，到后来他也被打动而有所行动。他开始研究这个现象，写出了《看不见的力量》并且建立了一个关于此类组织的在线数据库。他发现，全球范围内有超过100万个类似组织。他们之所以蓬勃发展，乃是因为他们的专一性，因为他们是在具体的问题上下功夫。而他们也因为同样的原因而变得隐形。他们做事有效也是基于同样的原因。正如霍肯所写：“反馈的回路简短，而他们学习的进程则因此加速。”他们不会受到意识形态、口号、名声或者某个大人物的束缚，他们都是因为有需要而出现的，并且都关注结果。

他们关注的是改进，而不是去否认。

*

科学是唯一的新闻。不管你看新闻门户或者是看杂志，所有那些跟人相关的故事都是陈年旧酿，所有的政治以及经济也不过是循环往复的戏剧，所有的时尚不过是关于新东西的病态的虚幻，甚至技术也是可以预测的，假如你懂得其中的科学。人性本身没有多大变化，但科学则一直在变，这样的变化累积起来，就会不可逆转地改变世界。

与浪漫派的文化悲观主义形成强烈对照的是，科学给人带来双重的乐观主义。一方面是科学的进程本身，因为我们掌握科学的能力在不断地提升：科学的发展可以使得科学走得越来越快，越来越好。另一方面，科学带给我们的实际内容——我们所发现的大部分东西都是好消息或者是可以转换为好消息，而这主要得益于我们日渐增长的知

识、工具和技术。因为科学发现不仅是观点上的发现，所以可以绕开那些单纯基于观点而产生的思想体系。而科学前沿则可以不断地提出更多更好的问题，而且这些问题本身也会更具逻辑性。人们会以一种可以引出答案的方式去提出这些问题，并且找到答案，继续探寻下一个问题。

正因如此，就难怪以自我为中心并且静止不前的浪漫派会认为自己受到科学的威胁了。确实如此。浪漫派喜欢大树，而不是大树的基因组。而科学家则同时喜欢这两者。

文学经纪人约翰·布罗克曼指出科学的另外一个视角：

> 通过科学，我们可以创造出技术；而借由新的工具，我们可以重新创造人类。但是直到最近，还没有任何一个民主的社会、任何一个立法机构，去选择或者投票，决定这个过程应当如何发生。没有人为印刷术投票，没有人为电的发明投票，没有人为无线电、电话、汽车、飞机、电视机、太空飞行、核电、个人计算机、互联网、电子邮件、万维网、Google（谷歌）、克隆或者是人类基因组测序投过一票。

科学提出选择，而社会则做出决定。

*

当环保人士跟随科学前进的时候，他们可以做得最好，气候变化这一议题就是一个例子。而一旦他们对科学产生担忧的心态时，就是他们做得最糟糕的时候，基因工程就是一个例子。两个例子都能看出浪漫派的影子：浪漫派主张否认事实，结果就遇上了气候变化的灾难，而同样在浪漫派看来，转基因就像是玛丽·雪莱所描绘的弗兰肯斯坦博士的罪恶那样。

我希望看到环保运动——甚至是我们所有人——都变得勇于跟随科学的步伐。而这个过程中需要做的其中一步就是知道该紧密追踪哪些科学家和他们的研究成果。

我们的第一要务是要提防认知偏见，也就是我们倾向于关注并且相信任何可以支持我们现有理论的观点，忽视或者不相信任何不能够支持我们现有观点的东西。而这样的偏见是需要很强的自我约束才能打破的。贝尔实验室的研究员理查德·哈明（Richard Hamming）说：“达尔文在他的自传里说，他会写下每一个跟他的观点相冲突的证据，因为假如他不这么做，这些证据一下子就会从他的脑海里跑掉。”

另外一个难题是要留意那些我们讲给自己听的小故事。1998年的时候，我相信千年虫会成为一个重要的问题，并且在公开场合对GBN的客户这么说过。而我的这一错误判断则是基于一个我自己讲给自己听的故事。我自己的电脑那时候就特别容易因为软件故障（俗称BUG）而无法运作，并且它们会引发一系列的问题，最终导致电脑出现蓝屏死机。于是我想，那些老的电脑以及更为久远的软件将会更容易遭到千年虫的攻击，因为千年虫是深藏在机器里的。那样的话，整个地球都将经历蓝屏危机。不过那时候也许我该听听丹尼·希利斯的话，他是大型计算机的设计师，他告诉我说，千年虫问题最多只会让一些狗的执照没办法第一时间得到更新。甚至我应该听听工程师的话，1998年我和亚马孙的一些工程师共进晚餐，其中一位工程师回应我关于千年虫问题的话时，很甜蜜地说：“你是不是相信神话？”

得到的教训是：要学会质疑传言，要更多去聆听那些知道最多事实、钻研时间最长并且不被某个主张或者是其雇主的主张所左右的科学家。

气候学家威廉·拉迪曼写的《犁耙、瘟疫与石油》一书一经出版，他就成了舆论攻击的焦点（以下为引用）：

> 这些通信让我们看到了科学的另一面，而我在此之前只是稍有接触。这些通信自称是在谈科学，但实际上它们与强硬的政治有更多相似之处。
>
> 大多数的文章都是来自那些从工业行业里获得了巨额财政援助的网站，甚至有很多文章的作者直接就是收取了钱财之后写出这些文章的。
>
> 他们所描绘的另类的世界是相当迷人的。在那个世界里，你会发现，二氧化碳根本不会导致气候变暖；你会发现，地球在过去一个世纪里并没有变暖；任何地球变暖的情况都是因为太阳变得更为强烈，而不是因为温室气体之上升。在他们所描绘的世界里，那些主流科学家们的发现不是被忽略就是被否认。

基于伪科学的反气候变暖行动跟同样基于伪科学的反对基因工程的行动没有什么两样。它们都是在绑架科学以达到政治目的。

不过即使我们去除那些被贿赂的科学家之后，还是可以找到很多会表示不同意见（甚至是强烈地表达这些意见）的科学家。约翰·布罗克曼对那些搞不清楚到底在争论什么事情的人说："在科学界，人们就是通过争论来协作，来拓展他们的思想。"而遗传学家帕梅拉·罗纳德在她写的《明日的餐桌》一书里则提供了一个关于如何区分科学和流言以及如何评判一场科学争论的方法。她的看法包括：

> 查找原始文献；了解该文章是否在一份经过同行审议的期刊发布；了解该期刊在科研人员的圈子里是否有好的知名度；了解是否有其他的研究证实了同样的结果；了解是否可能存在利益冲突。

我想加上一点：观察趋势。随着时间流逝，证据积累得越来越多，科学家的共识是否也会变得越来越强烈？

*

环保人士从雷切尔·卡森所写的《寂静的春天》这本书获得启发是好事，但假如他们因而将DDT杀虫剂认为是绝对的邪恶的话（雷切尔·卡森并没有这样做），那就是大错特错了。雷切尔·卡森书中所写的大多数的科学评估都是正确的，但有少数是错的。例如，她认为DDT会导致癌症这一点是错的。但是由于过分的热情，全球范围内DDT都已经被禁用，于是疟疾在非洲重新出现并且传播开来，而这是在雷切尔·卡森死后所发生的事情。在2007年美国《国家地理杂志》的一篇文章里，罗伯特·格瓦兹（Robert Gwadz）写道："自从DDT被禁用之后，估计有2000万儿童因此死去。"现在，类似WWF这样的环保组织正支持以消灭疟疾为目的的DDT使用，他们同时还会派发蚊帐，在静止的水里放入杀虫剂以及通过其他的方式，以达到最终消灭疟疾的目的。而一旦疟疾消失了，DDT也会随之消失。

科学经常会被政治颠覆。可以从两本书里看出，分别是米歇尔·哈里斯（Michael Harris）所写的《海洋悲歌：北冰洋鳕鱼渔场的崩溃——一个真实的犯罪故事》（*Lament for an Ocean: The Collapse of the Atlantic Cod Fishery: A True Crime Story*，1998）以及杰夫·惠尔赖特（Jeff Wheelwright）所写的《灾害的程度：威廉王子湾自然恢复的故事》（*Degrees of Disaster*: *William Sound: How Nature Reels and Rebounds*，1994）。在描写鳕鱼的故事那本书里，你会看到，虽然有独立的科学家预计到20世纪80年代的时候渔业会减产，而加拿大的政治家和政府雇用的科学家则装作没有事会发生，而部分原因是他们认为自己要保护纽芬兰地区渔民的利益。而该地区渔业的崩溃终于在1989年到来。到1992年，政府全面禁止捕捉鳕鱼，但是鳕鱼渔场依然没有恢复过来，甚至也许永远都不会恢复了。于是居住在纽芬兰和滨海省的数以万计的渔民因此走向失业。

类似的命运先后在其他的渔场发生——黑线鳕、金枪鱼、三文鱼、石斑鱼都经历了同样的命运。有三种保护渔场的方案彰显了其价值：在指定区域内禁止任何捕鱼作业，以促使鱼群恢复；捕获量交易，又称“个人可转换额度”，这样的方案已经拯救了阿拉斯加的大比目鱼；以及细心护理的海水养殖法。正如雅克·库斯托于1976年的时候跟我说的：“捕鱼就如捕猎……假如我们要做到文明，就应当彻底消除捕鱼并且用养殖来取代。我们所说的人类文明就是从农业养殖开始的。我们现在依然是海里的野蛮人。”

《灾害的程度》（*Degrees of Disaster*）是关于阿拉斯加港湾漏油事件的一个深度报道，这本书里包含了很多令人不舒服的真相，这些都没有被写进科学报告里，而这些报道是由事故争端的双方分别提供资料而写出来的。漏油事故之后的大规模清理行动对环境破坏的程度大于漏油事故本身，虽然清理行动为威廉王子湾带来了经济上的促进。该地区最为繁盛的海洋生物栖息地是搁浅的油轮所在地，那里生活着从细菌到红鲱鱼到三文鱼的整个生物链上的生物，它们都以石油为食物。人们担心漏油事故之后野生三文鱼会染上芳香烃。但事实上人们发现，在漏油地带捕获的三文鱼其体内的芳香烃含量仅仅为在当地普通三文鱼体内芳香烃含量的万分之一。而威廉王子湾的真正教训是大自然具有相当强的恢复能力，一旦人为的压力离开之后，大自然会以非常快的速度复原。

当环保人士帮忙把科学与政治划清界限的时候，他们就是在帮助公众。2008年，英国工党政府决心要禁止使用塑料购物袋，因为它们会被排入大海而且会困住海鸟和海洋哺乳动物。绿色和平组织的一位海洋生物学家戴维·桑蒂洛（David Santillo）则指出：“假如说有很多动物因为塑料袋而死亡，这是根本不可能的。就全球范围而言，塑料袋并不是一个问题。政府的行动是基于加拿大的一份报告，该报告称，有10万的海洋动物因为被弃置的渔网所困而死亡。而塑料袋则与此事件没有关系。”

科学家是可以自由地相互批评的，并且他们还会强烈地批评反达尔文主义的人士。但是很古怪的是，他们对于环保人士显得非常有礼貌。我所认识的每一位生物学家都对环保人士在基因工程上的立场表示失望，只有一位科学家站出来表达他的立场。他就是彼得·雷文。同样，气候学家看到了使用核电的必要，但是在公开场合批评环保人士之反核电立场的就只有詹姆斯·洛夫洛克和詹姆斯·汉森。现在是停止对环保人士溺爱的时候了。他们的动力也不是脆弱的，假如有科学的严谨与科学的纪律之约束，环保人士会做得更好。假如科学家可以把他们当成是同行——也就是说是有严格要求的同行——环保人士还真的有可能变为科学家的同行。

*

很多年前，环保人士憎恨汽车并且尝试禁止人们使用汽车，后来艾默里·洛文斯出现了，他看到汽车可以成为一个杠杆，通过这个杠杆，可以推动人们在大范围内进行能源保护的工作。他还着力去设计和推广一些在能耗上比正常汽车低很多的车。洛文斯凭他一个人的努力，使得整个环保运动从摒弃汽车工业转为积极参与其中。这就是工程师的做法。他们不是空喊口号，而是去理解问题到底在哪里，而后想办法去解决问题。他们不会去争论什么是错的，他们只需给人们展示什么是对的就可以了。

另外一个可以用工程学的办法来解决的问题是建筑物的设计。保罗·霍肯就描述过LEED（绿色能源与环境设计先锋奖）评级系统如何成为现实的：

> 在美国，建筑物消耗了全美40%的材料和48%的能源。1993年，一位名为戴维·戈特弗里德（David Gottfried）的很成功但又很沮丧的开发商与开利（Carrier）公司的一位名叫里克·费里兹（Rick Ferizzi）的执行官，他们召集了一批建筑师、供应

商、建筑工人和设计师，希望可以一起创建一套绿色建筑的标准。今天，美国绿色建筑协会已经有6200个机构会员和8.5万名活跃的参加者，并在日本、西班牙、加拿大、印度和墨西哥都有分会。虽然没有人做过统计，但是在其成立迄今的短短几年间，美国绿色建筑协会在建筑节省材料、减少毒素排放、避免不必要的温室气体排放和提升居民健康等方面所产生的影响是其他任何机构都比不上的。该协会与设计师、建筑师以及商人进行合作，虽然不一定很容易，因为采用这个标准就意味着公司原先的产品需要发生变化，而最终目的都是为了达到LEED评级系统的要求。

现在开发商和城市规划者都相互竞争，以赢得最高的LEED评级，亦即银级、金级，或白金级。他们为获得这些可以炫耀的级别而花费额外费用是值得的。

*

对于很多环保人士来说，关于像工程师那样思考的入门书是雅尼娜·拜纽什（Janine Benyus）写的《生物拟态：自然激发的创新》（*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*，1997）。这本书本来是希望给工程师一些启发，让他们去研究自然，从中获得设计的灵感，但慢慢地，这本书也教会了非工程师去尊重工程师的做法。拜纽什说：“与工业革命不一样的是，生物拟态的革命将把我们带入一个新的时代，这个时代我们不再从自然那里提取东西，而是从自然那里学习东西。”书里提到的一些例子包括：

向树叶学习而做成的太阳能电池；像蜘蛛网那样编织起来的坚韧纤维；像珍珠母那样的抗震陶瓷；从大猩猩那里学到的治疗癌症的办法；从高草那里获得启发而培育成的多年生谷物；能够像细胞一样传递信号的计算机与从红树林、珊瑚礁和橡树林那里学到的循环经济模式。

她从大自然那里提取了九大法则：

> 大自然是靠太阳光运转起来的。大自然只使用它需要的能量。大自然根据功能来决定形态。大自然会循环利用所有东西。大自然对合作会给予奖赏。大自然靠多元性获得永续发展。大自然呼唤本地智慧。大自然禁止内在的浪费。大自然从有限获得能量。

按照这个说法，大自然看上去非常像自由派的民主党员，拜纽什读的是森林学，她也许可以基于上述的内容编写一个《魔鬼词典》的版本。这是我写的：

> 大自然对效率给予奖赏：最有效率的生命形态就是寄生虫。大自然是无情的：要保护自己的生态位，最好的办法就是消灭你的敌人。大自然尊重生物的领地：用生命来捍卫它吧，否则你会饿死。大自然喜欢投机的入侵者：例如野葛和人类。大自然是吝啬的：把多余的孩子吃掉吧。

正是由于这本书以及作者和她的同事举办的一系列讲座和研讨会的成功，使得生物拟态的学科得以稳固而且有效地建立起来。美国国家科学院2008年出的一本书写道：

> 过去10年，关于具有超级坚实、超级附着、超级抗水性、超级亲水性、超级高效、自我清洁、自我愈合、自我复制、超级设计以及精细形状等特性的天然材料的资讯呈现爆炸式增长。生物材料很多也是具备多种功能的，而这一特质正是人们期望人造材料能达到的。

这个过程中，研究人员发现，很多发明在细节上模仿大自然。你可以窃取某个创意或者是某种机制，但是天然的过程是难以通过简单的模仿来复制的，因为它们是经过漫长的岁月进化而成的非理性产品，不是由某人设计出来的。2008年美国《国家地理杂志》的一篇文章就讲述了这个问题：

> 生物拟态之所以还没有成为主流，是因为大自然是非常复杂的，其复杂程度超乎人们的想象。例如，要生成一块鲍鱼贝，就需要15种不同的蛋白质同时发挥作用，而具体是怎样一个过程，就连最顶尖的科学家现在也还没有完全弄明白。而蜘蛛丝的力量不仅体现在构成蜘蛛丝的多种蛋白质组合上，而且在于蜘蛛的喷射，7种不同的蛛丝会从600个旋转的小嘴里喷射出，并且编织成具有高度可恢复性的结构。

鸟类告诉我们即使身体比空气重，一样可以在空气中飞行，而它们的身体结构则告诉我们，要实现这样的飞行，飞行器的前端需要一对机翼，后端则需要一个稳定器。但是鸟类的翅膀振动则实在难以模仿，于是为了产生动力，人们就设计了一对旋转的翅膀，也就是螺旋桨，这是自然界从未有过的。（这个想法也许是来自风车的发明。与其让能量流走，不如将其汇聚起来；同时让叶片往后翻转，以形成风。）

*

工程师是人造基础设施的设计师和建造者，他们很习惯利用人类的创造力去改变自然的运作过程，从而改变自然基础设施。这个地方有一条经常发大水的河流吗？那就修一座水坝吧，还能以此来发电，减少温室气体排放，一举两得。

希望利用工程学的办法解决环境问题，却又担心这样做过于傲气的环保人士可以看看由工程师而不是由律师管治的中国，未来几十年里，中国发生的事情会让他们感到吃惊和恐惧。2007年，《新科学家》杂志报道说：第十七届中国共产党代表大会上……所有政治局常委都是工程师出身。胡锦涛主席就是毕业于清华大学，这所学校常被认为是中国的麻省理工学院，而温家宝总理则接受过地质学方面的训练。

当中国说要实现绿色的时候，它就会大刀阔斧地去做。2007年《种子》杂志的一篇文章写道：

> 中国已经购买了3500万个太阳能热水器，这个数字比世界其他国家加起来的还要大。同时中国现在是世界上在风力发电方面排名第6的国家。到2020年，中国希望可以将风力发电的容量扩展到原先的12倍，增加到3万兆瓦。2000年，北京市在一周的时间内就将2.6万辆污染严重的小汽车清理出市区。环顾整个中国，政府都在兴建大型的太阳能和生物能城市，并且其规模是世界其他地区最大的绿色社区的30倍。

凯文·凯利于2006年到中国旅行，他发现在所有村子的所有小学，都可以看到写有这样字句的标语：

崇尚科学

孝敬父母

尊重生命

抵制邪教

（这里就引出一个疑问，环保主义是不是一个邪教。但至少在中国，它不是。）

*

同时，在北美和欧洲，人们将环保问题看作商机，而且绿色创业者引领了潮流。很多公司雇用了大批的工程师，而工程师则并不知道或者并不关心所谓的环保传统、行动或者一些浪漫派的主张。因为工程师关心的是如何解决问题，而不在于改变人们的行为，当他们需要解决问题的时候，他们首先想到的是科技。维诺德·科斯拉（Vinod Khosla）是硅谷一位先锋绿色风险投资人，他告诉《新科学家》杂志说，在能源利用率方面的提升或者法律上的修订只会带来非常小而且渐进式的效益。“相比之下，新的技术可以带来2倍、4倍乃至10倍的改变。”

“绿色化学”是由保罗·阿纳斯塔斯（Paul Anastas）于1991年创立的一门学科，它旨在从环保的视角重新思考整个行业，当时他正是环境保护署的化学工业行业总监。他写过《绿色化学的12条准则》（*Twelve Principles of Green Chemistry*）一文，现在已经成了经典，虽然并不为大多数环保人士所知，但环保人士应当了解这一点，因为这篇文章讲述了我们该如何应对继温室气体之后最为危险的污染，也就是有毒化合物的污染。（其中一条准则写道：“使用催化剂来最大限度地减少废物。”另外一条则写道：“要最大限度地发展核经济。”）

当环保人士做出错误判断的时候，通常是他们选错了技术，结果他们就去支持一些狭隘的环保目标，但却为此付出更大的代价。在航天科技、核科技以及基因工程方面都是如此。假如对于一种新的科技，你的第一态度是怀疑的话，你就会失去机会利用这一技术来达到你的目的。“环保运动迄今为止只是在关注技术带来的坏的一面，却没有去关注技术本可以带来的好的一面。”这是弗里曼·戴森说的。

但要关注绿色科技带来的机遇，则需要我们改变自身对新事物的态度。

假如新一代环保人士可以像看到最新的以钛和透明硅胶做成的超轻的登山装备那样，对基础设施级别的技术感兴趣的话，将会是多么令人高兴的事情。他们将不会像浪漫派那样去抵制科技，而会紧抓科技进步带来的机遇并且将其应用到实现环保目标方面。他们的工具包将包含从分子层面（包括基因以及原子）到宇宙层面（包括太阳风以及暗能量）的技术。他们还会将手机融入他们生命当中。

*

政治学家菲利普·泰特洛克（Philip Tetlock）说："你怎么想比你想什么更为重要。"人们在事物判断的质量上最重要的差别，最初由古希腊的诗人阿尔基洛科斯（Archilochus）道出："狐狸懂得很多东西，而刺猬则只懂得一样伟大的东西。"刺猬有一套宏大的理论，它会将这套理论应用到很多领域，并且对此抱一种欣欣然的态度，它们表述自己观点的时候都是非常自信的。而另一方面，狐狸则对于宏大的理论表示怀疑，它们对事物的预测也会发生改变，并且乐意根据事物的实际进展来调整自己的观点。刺猬不会注意到也不在乎自己是错的，而狐狸则会从错误中学习。刺猬是伟大的支持者，而狐狸则是更好的预见者以及更优秀的政策制定者。

在这个议题上最为权威的一本书就是泰特洛克所写的《专家式政治判断》（*Expert Political Judgment*，2005）。作为一名心理学研究者，泰特洛克目睹了左翼和右翼政治顾问在20世纪80年代关于戈尔巴乔夫上台的错误预言以及苏联的最终解体。（自由派很清楚里根是一位很危险的笨蛋，保守派则深信苏联会长久存活下去。）而整个过程给泰特洛克留下极深刻的印象，这个正好是一种"与结果不相关的学习结构"。没有反馈，也就没有修正。

于是泰特洛克趁他在加州大学伯克利分校获得终身教职的时机开展了一项长期研究项目，现在已经有20年了，他要研究的是专家们关于国际政治局势之预言的结果。他总共研究了284位专家所做的2.8万个预言，并且尝试从中找到成功预言的模式。大多数的发现都看不出很明显的差异：保守派并不比自由派做得好，乐观主义者也不比悲观主义者做得好。只有一种模式是一直反复出现的。

泰特洛克从以赛亚·伯林（Isaiah Berlin）那里借用刺猬与狐狸之差别这个比喻。以赛亚·伯林所列举的持单一观点的“刺猬”包括：柏拉图、但丁、黑格尔、普鲁斯特。而持开放心态的“狐狸”则包括：亚里士多德、莎士比亚、伏尔泰和乔伊斯。泰特洛克指出，在预测方面，狐狸的总体成功率远胜于刺猬，特别是在对不久的未来的判断方面。刺猬类专家不仅比狐狸类专家在预测事情上做得更差（特别是关于长期的预测方面），甚至他们还比不上稍有注意力的外行——显然是因为他们被自己那一套美丽的理论与丰富的经验所迷惑了。另外，狐狸专家不仅在预测的准确性方面更为优秀，而且在他们对事件发生的概率预测方面也更为准确。在这方面，他们有着与天气预报员相当的准确度。

刺猬的价值在于它们有时候会在一些长远的判断方面给出正确的预测，但是这是以很多短期判断失败为前提的。那些自信洋溢、富于魅力且有很好的故事的专家往往会给出错误的判断。“一个人是否可以作好公众演说以及他是否能做出关于未来好的判断可能相反。”这是泰特洛克对圣弗朗西斯科的一班听众说的话。他还补充说，刺猬只会惹怒他们的政敌，而狐狸则会惹怒任何一种政治力量。

*

政治方面如此，环境方面也是如此。这里有两个人值得提一下，分别是《持怀疑论的环境主义者》（*The Skeptical Environmentalist*，2001）的作者比约恩·隆伯格（Bjorn Lomborg）

以及艾默里·洛文斯。我有一次听到隆伯格的粉丝问贾里德·戴蒙德对隆伯格的书的评价。我记得戴蒙德的回答是："问题在于隆伯格是在细节上跟你争辩。他说，复活节岛的崩溃是因为某一种棕榈树的脆弱而导致，因此不能作为一个通用的案例。这样一种论调就好像是一个创世论者看到得克萨斯州有一块颠倒的地形而因此判断达尔文是错的一样，你不能跟他争辩了。假如你花时间去研究他们的论证并且驳斥了他们的观点，最后你发现其实这并不重要，因为他们根本就不在乎。他们又发现了其他的证据来证明他们的理论了。"（不过戴蒙德同时又赞扬了隆伯格所倡导的让全球的注意力都放到消灭非洲的疟疾这个问题上的立场。）

隆伯格经常通过他那有趣的论证传递出来的信息是，环保人士用心是好的，但是他们大大夸大了问题的危害。因为他是统计学出身的，因而他可以驾轻就熟地游走于数据的海洋，并且用充足的证据来支撑他的观点。而正是这样的一种能力会让刺猬过于自信，泰特洛克写道：

> 刺猬专家有相当多的关于单独案例的知识，并且他们很擅长用这些知识来打造因果关系的图景。他们会让自己相信一些极端的可能性，而且这些场景越来越偏离现实。而随着这些专家自身在经验上的增长，他们的预测方面的自信心会提高得越来越快，并且远远高于他们在预测准确率方面的增长。

有一位科学家则花了不少心思去驳斥隆伯格的论调，他就是彼得·格莱克，他为"忧虑的科学家联盟"（The Union of Concerned Scientists）写了一篇书评，着重指出《持怀疑论的环境主义者》这本书"只是选择性地使用数据，错误地使用了数据，还有错误地解读，选择了错误的精确度以及有事实错误"。

而艾默里·洛文斯则不仅会从细节上来跟你讲，而且还会引出一系列的数据及文献，将这些通通扔给你，并且跟你说，你不可能掌握这些的，还是别跟我争论了。而事实表明他在提升能源使用效率和节省能源方面的预测是非常准确的，但是他在关于核电方面的预测则是错误的。我估计在核电这个问题上他会保留刺猬那样的立场，并且不会对核电说一句好话（我估计，这就正如隆伯格不会为环保人士说一句好话一样）。假如我这个判断将来被证实是错误的话，我估计他可能会在微型反应堆方面改变看法，这个正好与他关于分布式的微型电站的观点相吻合。

泰特洛克写道，每当刺猬得知自己的观点被证实是错误的时候，它们会找到一系列的借口："我就差那么一点就对了。""我只不过是选错时机而已。""我犯了一个正确的错误。"（出来的政策是正确的，但它们的预测是错误的）"我正好遇到了霉运。"而每一个借口都让它们有机会再次重申自己原先的理论为何是正确的。

*

科学家则是像狐狸那样被训练出来的。在气候变化方面的其中一位直言不讳的科学家是斯坦福大学的气候学家斯蒂芬·施耐德（Stephen Schneider）。1971年，他写了一篇颇具影响力的论文预测全球变冷的发生，那是基于之前30年的寒冷天气以及他提出的空气中的粉尘和微粒（学名为气溶胶）的增加如何可以导致新冰河时期的理论模型而提出的。1974年，他公开撤回该论文，因为他确信他的模型过分强调了气溶胶的影响并且低估了二氧化碳的影响。有了更好的数据和更好的模型之后，他改变了自己的立场，开始对气候变暖极为关注，并且一直到今天他都在坚持这一立场。

很自然地，气候变化否定论者就嘲笑他这种轻易改变的立场（他们以为这是因为斯蒂芬有政治上的考量），就像当年大萧条的时候一位英国的立法委员嘲笑凯恩斯关于货币政策立场之转变一样。凯恩斯

的回答是：“当事实情况发生变化的时候，我就会改变我的立场。不知先生您会怎么做呢？”

“每当我感到自己是正确的时候，我心中就会有一个声音提醒我要开始担忧了。”这是一位听众回答泰特洛克的时候说的话，泰特洛克认为这是“狐狸的典型特征”。另外有一句话则是来自法国狐狸伏尔泰，他说：“怀疑不是一种让人舒服的状况，但深信不疑则是荒谬的。”

我认为每一个对公众人物的访谈都应当问这个问题：“在什么问题上你错了，这样的错误如何改变了你的立场？”我们从他的回答可以看出这个人在智力上是否诚实，或者他只是自认为不会被打败的骗子。让我快速地罗列一个我自己的错误清单吧：20世纪60年代时，我深信公社式的社区是未来的方向，我认为巴克敏斯特·富勒[注]所设计的穹状建筑是可以居住的，并且认为可卡因是无害的。20世纪70年代时，我认为1973年的石油危机会导致美国的警察走上街头，我认为核电是坏事，并且小的永远是好的，特别是村庄。而关于千年虫的问题，我更是彻底地错了。2003年，我深信民主党候选人会赢得美国总统大选，甚至我还公开打赌。看，我只是选错时机了吧。

但错误帮助我们学习。从这些以及其他的错误当中，我学会了不要过分地持乐观或悲观的态度。很显然我经常高估了社会作为一个整体接受新事物的速度，以及大规模复杂结构的脆弱程度。要记住，也许我关于气候变化的预测会是错误的。我有很多错误的判断是因为我的无知，我当年否认核电就是因为这个原因。

*

人们之所以会有困惑的其中一个原因是，刺猬通常会非常坚定地表述自己的观点，并且坚持自己的观点。而狐狸则非常谨慎地表达自己的观点，同时这些观点也并非一成不变。猜猜观众更爱听哪个吧。

我们需要的是更多敢于坚定地说出自己不十分有定论的观点的狐狸（这本书正在尝试做出一个示范），以及更多能够欣赏观点改变的观众。当我们听到教皇说“正如我一直说的……”的时候，观众正确的反应应该是“啊？”。

不敢承认错误是可以导致无力感的。在伊拉克战争期间，一位曾给白宫做顾问的朋友告诉我说：“新保守派现在都不说他们关于伊拉克问题有什么是对的了。他们只是将所有的时间花在证明自己没有错。这就意味着政策不可能发生改变，因为根本不可能有这样的一种讨论得以开始：‘方案A失败了。我们是否有方案B？’”让刺猬当执政官是一个坏主意。

我个人认识的最有权力的一位狐狸是加州前任州长杰里·布朗。他应对抗议者有一套绝招，是建立在他的好奇心基础上的。当他看到一群抗议者的时候，就会走上前去问他们：“请告诉我你们关心什么？”然后会有人大发牢骚。布朗会在那里认真地听。听了一会儿，他会打断对方，问：“请您看看我听到的是否正确，您刚才讲的是……”然后他就会把抗议者的观点复述一遍，并且通常他的复述会更为清晰和有力量。抗议者马上释然了！他们的声音被听到了！州长懂了！虽然他们知道州长很有可能不会改变其政策，但谁知道呢，也许他会呢，因为布朗州长有时会因为一些事件而改变他的观点和政策，并以此著称。

我在圣弗朗西斯科市举办一个名为长线思考讲座（Seminars on Long-Term Thinking）的活动，这是今日永存基金会的一个活动，我就参照布朗的做法来设计我们的现场辩论。我们有过关于核电变绿以及合成生物学的辩论。每一轮首先开始的辩手先讲15分钟，而后他的对手会进行10分钟的提问，并且他在总结的时候需要归纳前一位辩手的观点，使得第一位辩手满意为止。而后他们就转换角色。

观众很喜欢这样的形式。他们看到公众人物努力尝试去复述对方辩手的观点，而且不带讽刺。更重要的是，通过这样一种形式的对议题的深度探寻，可以避免辩论成为形式性的输和赢。同样，观众也会发现，自身的某些根深蒂固的观点也会开始动摇。

没有哪一个地方是适合用来就环境议题进行坦诚辩论的。新闻媒体只喜欢看巧舌如簧的刺猬之间的相互斗争，而不是为人们呈现出更具深度的理性辩论。环境组织没有大笔的资金来搞大的会议。也许一些绿色慈善家可以资助他们。最有效的解决办法也许是搞一个科学会议，要有足够的资金，邀请更多的环保人士到这里正式地开展辩论。

*

假如环保人士不拥抱科学和技术并且走到这两者的前沿，他们也许会走上共产主义一样的道路。环保人士需要成为新工具的早期使用者并不断去拓展新的疆域。不再是一味地说“不”或“停止”，他们的战略也许可以改为去肯定和重新引导方向。对于新科技，他们可以提出疑虑，但永远也不要丢弃这样的疑虑，要通过疑虑把科技引向更温和的方向，达至更好的目的。

与其迷恋于那些浪漫主义的反叛和逃避政府，环保人士不如走向政府，去游说政府推行类似新西兰或荷兰那样的由政府推行的包罗万象的环保计划。他们还可以从狐狸政治家——像富兰克林·罗斯福那样的人——那里获得启发。以赛亚·伯林当年对罗斯福的评价是：

> 罗斯福因为他对生命的强烈渴望以及他对未来完全没有恐惧而在众人当中脱颖而出。他非常热情地欢迎未来，他传递出来的感情是，不管遇到什么，所有东西都会成为他磨坊里的谷物，没有任何东西会因为太可怕或太细碎而不能被利用或者是被改造成新的模式和不可预测的生命形态。他，罗斯福以及他的同伴和忠诚的下属都会投入人们所未曾认识到的能量和勇气去应对未来。

这不仅仅是态度。他还真让这做法成功了。

有关本章节的更新、附带资料以及插图，请见链接http://discipline.longnow.org/。

---

1. 巴克敏斯特·富勒（Buckminster Fuller），美国20世纪最伟大的发明家。——译者注



第八章

一切皆为园艺

千万别从你遇到的第一株灌木丛那里采摘野花。

——托马斯·班雅克雅，《霍皮族人》

野生环境不会自己照顾自己，它需要我们付出心血。

——生态学家丹尼尔·詹曾（Daniel Janzen）

生态工程是一门古老的艺术，自从人类掌握了取火的技术之后就一直在应用和滥用。现在的我们既不应该重复古人的错误，也不应该忽略他们的一些聪明的做法。为了这个目的，我们首先要搞清楚以前究竟发生了什么事，这就需要我们暂时忘掉那些关于原住民的美丽故事。

浪漫主义一直跟美国印第安人不太有缘分。大多数人是从小说里了解到印第安人的生活的，像《唐璜》（*Don Juan*，1968），《小树的教育》（*The Education of Little Tree*，1976年），《跟踪者》（*The Tracker*，1978），《医药女人》（*Medicine Woman*，1981），《布法罗女子来歌唱》（*Buffalo Woman Comes Singing*，1991），《灵歌》（*Spirit Song*，1985）和《七箭》（*Seven Arrows*，1972年）。《旷野的声音》（*Mutant Message Down Under*，1994）也属于同类，但是关于澳大利亚原住民的。这些都是销量数百万的书籍，而且其中有两部是奥普拉推荐过的。但这些全都是杜撰的。几乎所有的故事都是关于一个白人受到一个原住民精神导师的庇佑，学到了一些古老的智慧，顺便让读者也分享到一些颇为秘密的内部知识。这些原始部落包括雅基、切诺基、阿帕奇、克里、乌鸦、齐佩瓦、夏安以及

澳大利亚原住民。然而，这里列举的每一本书都被原住民认为是对他们的侮辱。

读者期待的到底是什么，为什么我们受骗？（卡洛斯·卡斯塔涅达的第一部《唐璜》的确令我着迷，但它的续集越来越成为赤裸裸的无稽之谈。）我想我们从这些书中读到的东西跟自己的生活是错位的。那些神秘的知识，即便是真的，在脱离了它根植的文化之后，对外人也很难有真正用处。他们的文化根基是书中没有涉及的。只有他们知道该如何在特定的环境中生存，这种本领才是值得学习的。许多人认为，印第安人的智慧在畅销书和电影中看到的显然是假的，那么真正的传统智慧肯定已经从现代社会中消失了。我发现并非如此。

*

1963年，我离开军队以后，曾在俄勒冈州的温泉胜地做过一些特约摄影。当代印第安人的生活现状给了我很多启示。于是在之后的几年里，我每年夏天都会和不同的原住民部落生活一段时间——包括瓦斯考、派尤特、纳瓦霍、霍皮、进念、陶斯、季卡瑞拉、阿帕奇、帕帕勾（现在的套后诺·欧·欧达汉姆）、犹他、黑脚、苏、切诺基、庞卡。我加入了印第安人的教会（仙人掌对他们来说是神的象征），还娶了渥太华的一名印第安数学家，她叫洛伊丝·詹宁斯（Lois Jennings），长着一头乌黑的头发。那几年一到冬天，我就会到博物馆以及夜总会去做题为“美国需要印第安人”的多媒体展示。

这些为的是什么呢？当你跟真正的印第安人在一起的时候，你根本就不可能假装也是印第安人；我想我更多的是在学习怎么做一名美国人，只是这跟忠诚誓言没有任何关系。有一年12月的一个寒冷冬夜，在新墨西哥州的一个叫祖尼普韦布洛的地方，我看到人们把一个个10英尺高的沙拉克斯（shalakos）神像抬到专门为他们跳舞而翻修的屋子里，而屋子另外一边几个缺德鬼正在挨个取笑在场的每一个

人。庄严的仪式当然是不容许他们亵渎的，但这些捣乱者的存在恰恰使得神像显得越发威严。这比外面的严寒更让我敬畏得发抖。

大多数北美部落是母系部落。我是在一次宗教聚会上了解到这一点的。20世纪60年代的时候，美洲原住民教堂的副主席是一位名叫霍拉·左（Hola Tso）的纳瓦霍人。那次我去他家，他像其他所有的印第安部落一样热情地招待我，并且邀请我参加他们的会议。

“仙人掌会议”的形式设计得非常合理。没有什么神秘的部落知识，遍布北美都是这样。会议成员包括修路工人、雪松工人、鼓手以及消防员，但他们都没有权力，只是严格地履行行政义务，不过都非常尽职尽责。只有一位成员显得更重要一些，不过他要到会议快结束的时候才出场。这是一个漫长的夜晚，午夜时分大家纷纷要水喝，凌晨3点个个焦躁不安，直到黎明时分会议终于结束。等到太阳出来照亮了面朝东方的帐篷大门的时候，一个与会的妇女（仙人掌妇女）带着食物走了进来。

霍拉·左的声音充满了权威，令我折服。新鲜的水果和熟肉的香味撩拨着我们的感官，但她一定要让我们先听完她讲话再吃。她是要提醒我们食品是她提供的，提醒我们生命也是从她那里来的。她要等到这个观念深入我们的内心深处，然后才给我们发放食物。我觉得自己这颗年轻男性的头脑被仙人掌女人解放了。

当然，我所能看到的仅仅是很少的一部分。所有的文化传统都原封不动：舍曼·亚历克西（Sherman Alexie）笔下老掉牙的“印第安”，泛印第安的半派对半秀场的帕瓦巫术，充满爱国情结的军事服役，神圣地点的神秘仪式，财机无限的赌场，为数众多的监狱，跟美国印第安事务局无穷无尽的交涉，繁荣昌盛的手工艺品市场，部落语言的复兴等像我这样的非印第安人难以看出端倪的事情。美洲原住民系统是非常强健的。

你可以从彼得·纳博科夫《闪电的地方：美洲印第安圣地的生活》（*Where the Lightning Strikes: The Lives of American Indian Sacred Places*，2006年）一书中领略到印第安人深厚的文化根基。这本书以时间顺序记述了保护神圣领土的政治斗争，包括陶斯普韦布洛附近的蓝湖、黑丘陵、珍贵的拉科、夏安以及并基奥瓦。他以亲自探访的经历告诉我们这样的土地有多少，以及这些地方为什么是值得守护的：

> 根据加州印第安遗产委员会于1980年统计的结果，全州70%的土地上分布着5.7万个村庄、岩画、墓葬、食品和植物采集、神灵家园和宗教场所的遗址。

诗人加里·斯奈德（Gary Snyder）说过："从印第安人身上，我们可以学到一些东西来帮助我们更加了解自己。这是从其他人身上学不到的。"

在美洲几乎每一个国家都有一些没有被其他文化侵扰过的原生族群。一些欧洲国家也有，例如瑞典的萨米人[Sami，原名为拉普人（Lapps）]。澳大利亚有自己的原住民，新西兰有毛利人。非洲的财富之一就是拥有人类在世界上延续最久的人类分支。大多数亚洲国家也都有一些延续时间很长的族群，例如日本的阿伊努人。他们是各自的国土上最有经验、跟环境相处得最好的居民，因此他们的原生传统值得保存和恢复。

*

美洲的印第安人，以及占大多数的非印第安人，还有他们居住的这片土地，至今依然生活在16、17世纪欧洲人和美洲原住民激烈冲突所造成的创伤和阴影中。美洲大陆的原住民人口总数在1491年估计有5000万到1亿之间，到1650年就骤减到650万。这是人类历史上最大的

灾难，世界上1/5的人口消失了。人们普遍认为这是战争的结果，但它实际上是一个彻底的生物灾难。

由于对欧洲疾病没有免疫力，原住民被天花、流感、肝炎、百日咳、痢疾、白喉、麻疹、腮腺炎、霍乱、伤寒、黄热病、猩红热和鼠疫一波又一波地屠杀着。密西西比河流域、亚马孙和尤卡坦半岛人口稠密的地方完全被掏空，以至于新的欧洲人到达的时候，以为根本没有人住在那里。多亏了这些被清空了的村庄里的残存食物，朝圣者们才勉强度过了他们在新英格兰的第一个冬天，那是在1620年。第二年的秋天，当地马萨索伊特人（Massasoit）的首领在第一个感恩节的时候拿出一部分粮食分给了欧洲人：这是因为疾病把他所领导的部落人口从20000削减到了1000，他们有余粮。

关于这些，查尔斯·曼（Charles Mann）的《1491：前哥伦布的美洲启示录》（*1491: New Revelations of the Americas Before Columbus*，2005年）可资参考。我们被各式各样的新闻搞得不知所从，如果能看看古人们如何管理生态系统，对我们来讲尤为珍贵。在人口大灭绝之前，美洲大陆是一片管理有序的土地，在那之后就变成了一个废弃的花园，而欧洲人错误地理解为它本来就是一片荒野。他们来到之前，森林就像是公园一样，树木是不受杂草干扰的，后来除草的人死了，树林就变得不可理喻。数百万的鸽子在天空黑压压地聚集，因为跟它们争食物的人类都不见了；数百万的野牛占领了平原，因为屠杀它们的印第安人已经死了。“我们以为是欧洲人开启了美洲的拓荒进程，”曼写道，“与此相反，是他们血淋淋地创造了荒野。”

难怪气候学家威廉·拉迪曼指出，美洲大陆的造林运动引发了大气中的二氧化碳含量的下降。查尔斯·曼说，在哥伦布到达之前：

农业覆盖了如今的美国国土近2/3的面积，西南部梯田成片，灌溉良好。成百上千个小土丘点缀在中西部和东南部的玉米地里。东部沿海地区的森林也已经被改造成良田。三文鱼网遍布了西北地区的每一条流向大海的河流。而且，印第安人的篝火无处不在。

*

基因学家尼娜·费德罗说，玉米“可以说是人类最初的，并且可能是最伟大的基因工程壮举”。她告诉查尔斯·曼：“今天如果你想用大刍草种出玉米，是不可能申请到研究基金的，因为这个想法听起来太疯狂。实现了这个想法的人放到今天的话肯定会得诺贝尔奖。当然，前提是他的实验室不被绿色和平组织关闭。”除了把一种没什么前途的野草变成世界上最高效最流行的农作物之外，墨西哥的原住民还开发了一种栽培的系统，曼写道：“这种系统将多种植物种在一起，包括玉米、鳄梨、不同品种的南瓜和豆角、甜瓜、西红柿、辣椒、红薯、豆薯（一种块茎植物）、苋菜（一种谷类植物），以及黧豆（一种热带豆类）。”豆类沿着玉米秆向上爬到有阳光的地方，同时对土壤中的氮起到固定作用，并提供玉米中相对缺乏的烟酸、南瓜里缺乏的维生素和鳄梨中缺乏的脂肪。这样，他们的饮食中只需要很少量的肉。

玉米和栽培地技术大大推动了中美洲的文明化进程。曼的书中写道：“在玛雅圣经《波波尔·乌》的创世故事中，人就是用玉米做成的。”[迈克尔·波伦在关于美国农业的《杂食动物的困境》（*The Omnivore’s Dilemma*）一书中对此持有类似的观点，尽管不是十分肯定。]栽培地系统本身就具有内在的可持续发展性，墨西哥的一些栽培地已连续耕种长达4000年了。现代许多混养农业的思想都是从古代社会栽培地式复杂耕种系统继承而来的。

近期关于亚马孙的研究揭示了早期农业的另一个伟大发明。该流域热带雨林的土壤极度贫瘠，所有的人都认为只有狩猎采集部落才能在那里生存，农业基本上是不可能的。尽管16世纪西班牙探险家在对亚马孙的报告中指出“那里存在着大量的居民……有一个城市绵延15英里，房子挨着房子”，无农业的理论还是流传了很久。在20世纪90年代，考古学家开始在热带雨林里发现大量的土建工程，说明这里以前人口密集。同时还发现了葡萄牙语里被称为“印第安黑土”的奇特的黑土壤区域。这片肥沃的黑土地看上去是用刀耕火种的技术大面积人工生成的。人造木炭为贫瘠的雨林土壤带来了希望。曼说：“印第安人成功地解决了他们所面对的生态问题。他们改造自然，而不是顺应自然。当印第安人正在热火朝天地改造亚马孙的土壤的时候，哥伦布来了，他的到来毁掉了所有的一切。”

近来“黑土”（terra preta）热潮引起了生物能源实验者和农学家的兴趣，他们把这种神奇的物质称为生物炭。土壤中的木炭为微生物提供栖息地，保持土壤养分，对碳进行隔绝，这种技术看上去已经存在几千年了，因为最早的耕地可以追溯到4500年前。它可以减少一氧化二氮的排放，并防止雨水中磷和氮的流失。一些黑土土壤深达6英尺，所含的碳通常是普通亚马孙土壤的10倍。在生物炭的会议上、企业里和DIY的网站上，“黑金革命”和“负碳生物能源产业”是经常被谈起的话题。《探索》杂志中的一篇文章热情洋溢地说：

> 对农业废弃物进行受控的高温分解，可以将木材和其他有机废物转化成有用的挥发性气体、热能和电能。这个过程是双赢的：燃烧花生壳、稻米壳这样的东西能够产生大量肥沃的生物炭，把它们混入土壤中能够抵消掉排放到大气中的碳，不仅是燃烧过程本身产生的碳，而且能抵消衍生燃料燃烧所释放的碳。

澳大利亚生物学家蒂姆·弗兰纳里在一个生物炭会议上宣称：“生物炭可能是对未来人类环境最最重要的一个发明。生物炭的方法提供了一个独特而强大的解决方案，因为它允许我们以一种非常现实可行的方式来解决粮食安全、燃料危机和气候问题。”而且不用说，印第安人首先发现生物炭的这个事实更加使得整件事情酷劲十足。

*

如果《1491》是最好的介绍原住民生态系统工程的书，那么最有启发性的教科书是民族生态学家凯特·安德森（Kat Anderson）的《关照野生环境：美洲原住民的知识和对加州天然资源的管理》（*Tending the Wild: Native American Knowledge and the Management of California's Natural Resources*，2005）。18、19世纪来到加州的西班牙人和美国佬“在很多地方看到的并不是原始的、几乎无人居住的荒野”，她写道，“而是经过细心照顾的‘花园’，是几千年选择性耕种、开垦、火燎、修剪、播种、除草和移栽的结果。”当时有草原和牧场，参天的大树和公园般的森林，漂亮的野花和丰富的野生动物，这些都是当地500个印第安部落精心呵护的产物，而这些丰功伟绩从未被我们认可和感激过。两个世纪后，南方塞拉利昂米沃克的长者詹姆斯·拉斯特（James Rust）告诉安德森：“毫无疑问人类毁了这个国家。他们已经把它变回到荒野了。”

加州的印第安人在用火方面特别厉害，安德森写道：

> 有计划地纵火增加了食用块茎、蔬菜、水果、种子和蘑菇的数量与密度，丰富了野生动物饲料，控制了昆虫，消灭了可能破坏野生食物和竹编、绳索材料的疾病，并促进了一些实用性植物的生长，它们可以用于家居用品、粮仓、鱼堰、服装、游戏、狩猎和捕鱼陷阱，以及武器，也能够清理生物遗骸、通过营养回收来促进植物生长，减少植物竞争，并保持特定的植物群体种类，如沿海草原或山地草甸。

加州印第安妇女能够使用78种植物制作世界上最精美的花篮。这种篮子编制得非常细密，可以用来盛水，他们煮橡子面粥（当地主食）的时候就需要把滚烫的石头放到装水的篮子里去。精细的材料对园艺十分苛求。安德森说：“几乎每一种用来编篮子的莎草、野花、蕨类、灌木、树和草都是经过编制者吹毛求疵般地精心呵护培养出来的。”在当时，这些可能都是妇女们做的工作，因为“加州原住民部落的妇女都是民族植物学家，她们对植物进行测试、选拔和培育，而男人们都是民族动物学家，负责去实践他们丰富的动物知识和熟练的狩猎、打鱼和捕鸟技术”。

安德森了解到，他们是有着严格规则的：不要浪费已经收获的粮食，也不要收割完地里所有的粮食；留一些给其他的动物，留一些让它们重新长出。今年只除掉树木一侧的根，明年再除掉另一侧。（霍皮人托马斯·班雅克雅也持类似的观点，告诉我“不要从你看到的第一棵树丛中采药”的就是他。）他们的所有权是双重的：既属于个人或家庭私有，又属于社区共有。在泼墨部落，人类学家发现：“所有长在山谷底部的大橡树都归私人拥有，而丘陵地区的都是归整个村庄所有。”

皮特河一位名叫威拉德·罗兹的先生告诉吉安德森：“爱护大自然，它才会爱护你。”

*

“生态系统工程师”这个令人振奋的名词是生态学家克莱夫·琼斯在1994年提出的。2003年，牛津大学生物人类学家约翰·奥德林－斯米（及合著者）把“生态系统工程师”与“生态位构建”和“生态继承”这两个新概念联系起来。海狸通过创建水塘和自己的水坝实现生态位构建，蚯蚓改造土壤来适应自己。它们在这个过程中都改善了环境，造福了其他生物体。这使得它们有资格被称为“生态系统工程师”。由于被改造的环境能够持续较长的时间，“生态继承”便成了

除基因继承之外的另一个进化路径。海狸和蠕虫会逐渐进化，因为它们需要适应经过它们改造以后的环境。

考古生物学家布鲁斯·史密斯在2007年发表在《科学》上的名为“终极生态系统工程师”（这里指的是我们人类）的文章写道：“‘自助者天助’是生态位构建或生态系统工程概念背后的基本思想。”这是我们人类起源的一部分。他指出，早期人类进行可控性用火的证据可以追溯到南部非洲5.5万年以前。

史密斯提出了关于动物驯养的一个有趣的观察角度：“在亚洲……对狗（狩猎）和瓶状葫芦（容器）这两种实用生物的驯化直到距今1.2万年的时候才开始有人为干涉，在此之前，狗和葫芦都是在针对人类进行着生态位构建。”从这个角度来看，我们并没有影响狗的进化，我们允许它们来塑造自己，跟人类一起成为改善大自然的一分子。

*

精美复杂、细致入微的生态系统工程的实例之一，是已经有1000年历史的巴厘岛梯田灌溉系统。“完美的秩序”，是人类学家斯蒂芬·兰辛在他的讲座和著作中描述巴厘水寺系统的时候使用的词。9世纪的隧道方阵和陡峭的火山山脉上的水稻梯田通过一个自下而上的叫作合作组（subak）的系统进行管理。每个合作组是一组拥有毗邻稻田、从而共享水源的稻农。他们的会议非常民主，与巴厘岛上其他等级分明的会议不一样。合作组通过有层次的水寺网络连接在一起。“巴厘人称他们的宗教为阿加马·特莎（Agama Tirtha），就是水的宗教的意思，”兰辛说，“每座村庄的水寺对流进附近水稻梯田的水进行控制。地区水寺控制流到更大区域的水。”

灌溉系统的普遍问题是，上游的农户控制了水源，他们根本没有动力那么慷慨地让下游农户使用这些水源。他们可以截住所有的水，

让下游的竞争对手没饭吃。那么巴厘岛人民何以如此慷慨？兰辛发现，下游用户也掌握着一定的生杀大权，因为只有当大家都在同一时间播种水稻，害虫才能得到有效控制（这样害虫只能在农民休耕期间吃到东西，而在其他季节则因为失去栖息地而饿死）。

如果上游没有留足够的水给下游，那么下游就可以拒绝与上游同步播种，这样害虫将会把上游的作物吃光。这种权力的制衡足以保证稻农之间遵守他们之间的协定。管理的民主和透明保证了系统能够合法运行。除此之外，兰辛说："围绕水寺的各种礼节是为了约束农民的热情，使得秩序得以维护。"他说在巴厘岛的语言和理解中，"稻田就是'宝石'，同时也是'头脑'"。

绿色革命（这一次实实在在地扮演了一次恶人）于1971年抵达巴厘岛，由亚洲开发银行资助。为了实施新的方案，政府向稻农们提供了技术"套餐"，包括化肥、农药和抗病虫害的种子，并呼吁农民"尽可能多地进行播种"，而不是继续实现水寺系统的脉冲时间表。其结果是：几年时间损失了数百万吨的大米，其中大多毁在了贪婪的害虫手中。产量不断下降，农药的使用量不断增加。在兰辛的研究结果的影响下，亚洲开发银行的决策者开始相信水寺系统的有效性。20世纪80年代，巴厘岛政府终于被说服，抛弃了绿色革命提供的农药和增加播种次数的建议。一切又恢复到以前井然有序的状态。

当系统恢复运作以后，巴厘岛的稻农们从绿色革命带来的新的高产水稻品种中获得了益处，可是另一方面，他们也保留了使用大量化肥的做法。这是不必要的，因为巴厘岛的水本身就含有丰富的自然养料。多余的化肥流进大海，令藻类窒息，从而破坏了珊瑚礁的生长，这个过程被称为水体富营养化。受水体富营养化损害的不是巴厘岛居民，而是布吉（Bougainese，苏拉威西岛南部民族）的渔民，而上游的稻农们听不到他们的不满。水稻种植可能在接下来的1000年内都没有问题，但依赖珊瑚礁的鱼类将陷入困境。

巴厘岛的水寺系统是一个管理公共利益、改进和维护自然基础设施的绝佳范例。但是那些可怜的珊瑚礁们该怎么办？可以寄希望于到当地进行生态旅游的游客在潜水产业上做一些努力：他们可以向巴厘岛政府施加一些压力，要求稻农们减少化肥对海水的污染。更加完美的方案是，潜水经营者加入水寺系统，形成自己的权力制衡。

*

生态系统工程好处多多，但有时也可能带来弊病。它既可以增加生物多样性，也可能削弱它；既可以稳定生态系统，也可以导致混乱。关于生态系统工程带来的不良后果，一个经典的例子就是人类对巨型动物的所作所为。当年人类一到达荒蛮之地，就杀死或烧死一切体型巨大或行动迟缓的动物。在澳大利亚：巨大的蜥蜴、袋熊、巨型袋鼠和不会飞的鸟；在马达加斯加：巨型的河马、猫鼬、狐猴和乌龟；在北美，就在1.3万年前：乳齿象、猛犸象、树懒、老虎和牦牛。美洲大陆上3/4的大型动物物种在“更新世大灭绝”（Pleistocene extinctions）中消失殆尽。环保生物学家丹尼尔·詹曾在加州的一次演讲中提到：“曾经在这个地方走动过的动物是非洲大象重量的两倍。它们都被陷在拉布雷阿沥青坑里，是我们的人把它们挖出来的，这就像去东非用机关枪扫射那些大象。”

这对后来的历史产生的最严重的后果，就是美洲大陆上的第一批人类杀死了北美原生的马、骆驼、牛、猪这些本来可以被驯养的动物。因此，1492年，当欧洲人到达以后，他们带来的不仅是军事上的优势，还带来了北美原住民无法抵御的疾病（由于欧洲早已开始驯养家畜，他们体内已经有了相对强的免疫能力）。美洲这个原本被长矛、火、妇女（耕种）所驯服的大陆从此开始被新的生态系统工程师进行改造，这些工程师们的工具是枪炮、细菌和钢铁。

人类史前史留给我们两个残酷的真理。发明了生物多样性这个名词的爱德华·欧·威尔逊是这样说的：“人类迄今饰演的是星球杀手

的角色，只关心自己的短期生存利益，而极大地损害了生物的多样性。”

史蒂文·勒布朗在《持久的战争》中阐述了另外一个真理：

> 如果一个物种能够进入生态平衡状态，并能在环境变化的时候不发生数量上的巨变，那么不能这样做的物种将处于一个极大的弱势。在一个由许多物种组成的世界里，成功的物种是那些在和平年代能够发展自己，当资源耗尽时能够坚持斗争到底的种族。如果只是个别物种保持可持续发展的理想生态环境，而它们的邻居们并不这样做，那么也是毫无用处的。

就是这个模式，人类发现了新大陆，来了以后就进行肆虐的破坏，然后安顿下来。接下来人类之间又开始相互入侵，进行屠杀，最终又安顿下来。这些年来，人们发现已经没有无人居住的地方可以入侵了，所以我们说，我们要停止互相侵略了。如果我们能够有幸避免气候的变化把我们重新拉回到入侵游戏，那么我们最终永久“安顿下来”的希望究竟在哪里？我们从史前学到的令人鼓舞的教训是：安顿下来意味着在一个地方生存，并对“关照环境”和发展农业给予同样密切的关注。

*

生态学家丹尼尔·詹曾在一篇发表在美国《国家公园》杂志上的文章中这样写道：“我们有必要尽快认识到，那些保留下来的野生环境就是我们未来的花园、水厂、娱乐中心和杂货店；它们是全球最好的科研、娱乐和审美的知识库；它们是积碳床、生物降解器、回收站、缓冲区和改良者；它们也是沙盘和秋千；它们同时也可能成为扒手、破坏者、酒鬼、超速者和蠢货的滋生环境。”

詹曾的话是有权威性的。他和他的妻子，生物学家温妮·哈尔瓦克斯（Winnie Hallwachs），因为帮助哥斯达黎加成为世界上最绿色的国家而得到嘉奖：哥斯达黎加国民把自己的国家当成一个国家公园。为了建成著名的瓜纳卡斯特保护区（现在已经列入世界遗产名录了），“詹曾和哈尔瓦克斯从生态、政治、文化、金融等各方面进行综合研究，最终成就了一场保护热带森林的革命。”这是威廉·艾伦在2001年记录该项目历史的《绿色凤凰》（*Green Phoenix*）一书中记述的。

詹曾在世界各地的热带地区的经验告诉他，如果保护自然环境是出于美学或政治目的，那么环境是不能得到真正保护的。一旦偷猎者、伐木工和政客们把公园变成了战场，这就预示着消亡。他坚持说，想要永久地保护自然，就不能把大自然仅仅当成花园，而是要当成商业花园。要么付出代价去打理和关照，要么就面临死亡。

詹曾写在《科学》中写道，像瓜纳卡斯特公园这样的原始公园，“具备几乎所有我们赋予一个花园的特质：呵护、规划、投资、分区、保险、微调、研究，以及有计划地收割”。他把在瓜纳卡斯特发现的23.5万种物种看作庄稼，而把那些生态观光者看作“比较文明的牲畜”。詹曾指出：“哥斯达黎加的生态旅游作物的价值超过咖啡、香蕉和牲畜作物的总和，而哥斯达黎加是世界第二大香蕉生产国。”詹曾非常善于寻找各种途径为瓜纳卡斯特创造财政收入，比如通过科学研究，通过药品生物勘探，通过签订各种生态系统服务的合同，比如利用从受保护林区流出的淡水资源。当保护森林公园取代了放牧和砍伐，他会确保当地人民从森林公园和周边地区得到新的更好的经济机会，比如他们经常会帮助从事世界级科学研究的分类学家和生态学家做一些辅助工作。

（如果我说“一个外行改变了一个国家”，一定会惹恼詹曾和哥斯达黎加人民。詹曾只是生长在一只非常聪明的牡蛎中的一颗幸运的

沙粒罢了。《新科学家》说，哥斯达黎加是“第一个扭转了森林滥伐局势的热带国家。由于进行了养护和补植，它的森林覆盖率已经从1987年的21%增长到今天的52%”。是哥斯达黎加完成了这个壮举，而不是宾夕法尼亚大学教授詹曾。）

*

如果你善于发现的话，原始生态商业化的好处随处可见。例如，《自然》杂志报道说：“赏鲸带来的就业机会及其带来的经济收益是商业捕鲸永远都无法产生的。”我每星期都去徒步穿越的马林县山区，是由国家公园、州立公园、县公开土地和马林市水区组成的。你们猜哪个是维护得最好、拥有最好的徒步路径、最好的栖息地重建义工项目、最少外来入侵物种，以及最可靠的以10年为单位的资金？当然是21000英亩的水区。包括我在内的19万客户，每年心甘情愿地向水区支付5500万美元用来保护该流域。我们喝水付钱，这些资金被用来维护我们进行徒步的小路，为我们遮阴和保持土壤的树木，以及帮助我们控制山里的鹿和狮子的数量，它们是间接受益者。

彼得·卡雷瓦（Peter Kareiva）是大自然保护协会的首席科学家。他阐明了环保组织日益认识到的一点：“我们不能再认为保护区是‘防止人的破坏’，而要把它看作‘为了人’而保护的资源和财产。”卡雷瓦在2007年的《科学美国人》上发表了一篇与米歇尔·马尔维耶（Michelle Marvier）合著的文章，其中给出了一个例子说明这种思维方式的转换。佛罗里达州的墨西哥湾沿岸易受风暴袭击，具有丰富物种的沼泽地和牡蛎礁的栖息地正在逐渐丧失。为了找到解决方案，大自然保护协会的研究人员找来了几张地图，分别描绘该地区最重要的生物栖息地、最密集的人类居住地，以及最危险的暴雨袭击区，然后把它们叠加起来寻找重叠区域。他们决定将重建栖息地的努力集中在能够同时最大限度保护人类和野生物种的地方。卡雷瓦敦促环保人士“将精力集中在生态系统退化最能危害人类福祉的地方：亚

洲的红树林、美国东南部的沼泽、非洲次撒哈拉的干旱地区，以及世界各地的珊瑚礁”。

丹尼尔·詹曾认为，对于野生环境，如果只是任其发展，这并不是真正的保护。他在发表于《科学》期刊的文章中写道：

> 问题不在于我们是否要管理大自然，而是我们应如何管理它，是随机管理、随意管理，还是有明确目标地进行管理？……恢复是可持续发展的关键。恢复包括对原始环境进行筑栏、播种、施肥、耕作和除草：继承、生物修复、更新造林、植树造林、林火控制、有计划地火烧、人群控制、生物控制、重新引进、缓解，等等。

重建原始环境这一策略的一个主要优点就是它把很多人引入这个过程中来。在《设计的大自然：人、自然过程和生态恢复》（*Nature by Design: People, Nature Processes, and Ecological Restoration*，2003）中，埃利希·希格斯（Eric Higgs）指出：“拔草、种植、将一个河岸改造得让它与历史特点相匹配，或参加火耕活动，这些都有助于唤起一种对土地的强烈奉献精神。”志愿者与土地建立了感情，也与其他志愿者建立了感情。与此同时，他们也与时代和历史建立起了深刻的纽带。希格斯写道：“我们的重建行动是针对过去的，但我们真正的兴趣是为未来建立起一个参考模式。”我想补充的是，这些重建志愿者们也学会了谦卑，因为他们加入了迈克尔·波伦所说的“与花园里其他物种进行的最有喜剧性的对话”。你努力除草和播种，然后看着那些植物所做的事情跟你想象的完全不同，完全事与愿违。

21世纪，全球变暖正迫使保护主义者重新考虑他们的策略，因为他们试图阻止生态系统发生变化的目标已经不可能实现了。现在他们的工作是帮助生态系统去适应。随着气候变暖，为了找到适合生长的

温度范围，物种们都在向高海拔和高纬度地区移动。要做到这个，它们需要在有障碍的地方有保护通道。如水体，它们可能需要一些帮助才能渡过。可能需要开门迎接曾经被当作外来入侵者的物种，如“灰北极熊”（灰熊与北极熊之间的混种），以前是需要警惕的物种，现在需要它们来支持适应。

将生活在特定区域的物种保护起来几乎不可能，如靠近山顶的地方，就不得不放弃。与此同时，保护主义者也在探察未来的机会。大自然保护协会的彼得·卡雷瓦指出：“海平面上升可能把今天陆地上的一块随机栖息地变成明天宝贵的沼泽和湿地。”

*

本章花了大量篇幅论证人类应该有意识地去关照大自然。我想我也需要说说与此相反的做法，那就是对大自然放任不管。在整个欧洲，只有一个真正的原始森林保留了下来，它就是比亚沃维耶扎原始森林（Puszcza Bialowieska）。整个380平方英里的森林面积横跨波兰和白俄罗斯边界，是世界遗产地、生态保护区，同时也是这两个国家的国家森林公园。艾伦·韦斯曼（Alan Weisman）在《没有我们的世界》（*The World Without Us*，2007）中写道：“在这里，白蜡树和菩提树有将近150英尺高，在其巨大伞盖庇护下，角树、蕨类、沼泽桤木和陶器大小的菌类生长并互相缠绕在树下。橡树被500年的苔藓所覆盖，树如此巨大，以至于美丽的啄木鸟们能够在它们3寸深的树皮沟内储存松果。”

韦斯曼的向导，一位名为安杰伊·博别克（Andrzej Bobiec）的波兰生态学家，从森林中总结出了一个对欧洲很有教育意义的结论：

> 当博别克还是克拉科夫（Krakow）的一名林业系学生的时候，他一直被教育说要治理森林，实现它们生产能力的最大化，其中包括除掉“过剩”的有机垃圾，以免滋生树皮甲虫等害虫。

后来，在参观了这个原始森林之后，他惊奇地发现这里的生物多样性比他见过的任何森林都要高出10倍以上。这是仅存的一个能看到所有9种欧洲啄木鸟的地方。他意识到其中的原因是有一些啄木鸟只能在空心的、垂死的树干上筑巢。“它们无法在经过人工治理的森林里生存，”他向他的林学教授指出，“1000年来比亚沃维耶扎自我管理得很好。”

类似的故事，我从詹姆斯·洛夫洛克那里也听到过一个：他30年前在德文郡买了一座农庄，“刚开始的时候，我想好了要满眼的绿色，所以我种了两万棵树。但这是个错误，真的。它们长得并不太好。反而是在一片我没有碰过的土地上，一派繁荣昌盛，树木和其他植物长势良好、生机勃勃。于是现在我的哲学变成了：不要管它，也不要触摸它。其实这样也更容易”。

你猜东北亚地区最丰富的野生动物保护区在哪里？给你一个提示：这个地区包含（来源于网络资源）：

5条河流和许多生态类型，包括森林、山脉、湿地、草原、沼泽和河口；有超过1100种植物，50种哺乳动物，包括亚洲黑熊、豹、猞猁、羊，并可能有虎；数百种鸟类，其中有许多世界自然保护联盟（IUCN）定义的濒危物种，包括黑脸琵鹭、丹顶鹤、白枕鹤和黑鹫；超过80种鱼类，其中18种是区域性的……还有数百种鸟类迁徙路过这里。

（IUCN即世界自然保护联盟，维护官方的濒危物种红色名录。）

是的，这个地方就是朝韩非军事区（DMZ），一个155英里长、2.4英里宽、布满了地雷、自从1953年9月6日停战协定后就无人居住的地区。山上的森林逐渐长了回来。以前的农业土地又重新变成草原和灌木丛。不需要人工引进野生动物，切尔诺贝利的动物们无意中找到了

这个避难所。（一个名为DMZ论坛的非政府组织正在进行游说，希望在朝韩最终统一之后，把DMZ变成一个和平公园，保持它的原始状态，让它成为一个民族自豪感和生态旅游收入的永久源泉。“你可以把它想成是韩国的葛底斯堡和优胜美地的综合。”爱德华·欧·威尔逊这么说，他是DMZ论坛的联合创始人。）

凡是有铁丝网和偏执狂的地方，如核电厂周围，通常可以找到类似的野生动物避难所。“野生动物通常不会跟国家实验室和军事基地扯上关系，”环保说客科里·韦斯特布鲁克（Corry Westbrook）说，“但是严格的访问限制和高安全性，使这些地方成为理想的环保胜地。”这些区域是古代社会保留下来的解决部落之间冲突的缓冲区，就像史蒂文·勒布朗在《持久的战争》中描述的那样。它们的宽度通常从半英里到20英里不等，这些为了减少冲突而建的缓冲区，很偶然地成了野生动物的保护地和过度耕种的土地进行休耕、恢复土壤营养的良好场所。

呵护野生环境和任其自然生长并不是矛盾的策略。它们都是有效的，而且可以同时使用，把它们用在同一个项目的不同地域上，这样双方可以互为“控制组”，从而可以对它们进行比较和竞赛。

*

重建野生环境是所有绿色行动中最有成效的，小到窗台上的花盆，大到整个生物群落，无不如此。让我举一些城市、农田、森林和草原的例子，然后再来讲真正大规模的例子。

归功于桥梁工程的无意之举，得克萨斯州奥斯汀市的国会大道桥成了150万墨西哥自由尾蝙蝠的家园。每到夏日的傍晚，在千余游客和当地市民的注视之下，蝙蝠们飞入夜幕中，吞噬掉12吨的蚊子和农业害虫，例如玉米耳虫（earworm，一种有害幼虫）、飞蛾。作为奥斯汀的图腾式动物，自由尾蝙蝠每年为这座城市创造的收入达800万美元。

位于奥斯汀的国际蝙蝠保护协会已经创办了相关刊物，指导人们如何建造能够吸引蝙蝠的桥梁。

最近在美国郊区进行的生态研究发现了野生鸟类数量下降到警戒线水平的三个原因。正如我前面提到的，第一个原因是猫。每年美国有1亿只鸟被猫吃掉。环保生物学家迈克尔·索尔（Michael Soule）发现，在小狼数量增加的地方，鸟类数量有所回升，这是因为小狼以猫为食，或者至少能对猫起到恐吓作用。同时，宾夕法尼亚州的研究人员发现，凡是每平方英里鹿的数量超过20只的地方，鸟的数量都会下降1/3，因为过多的鹿吃光了林下叶层，这是鸟类赖以生存的食物来源（对花栗鼠、松鼠和其他小型哺乳动物也是这样）。问题还是缺乏大型肉食动物。我们需要一些爱吃鹿肉的观鸟者和园丁。现在一些城市开始发放猎鹿许可证，允许人们用弓箭猎鹿。鸟类数量下降的第三个原因是“无虫害”的外来植物的引入。由于本地的昆虫不认识这些外来植物，不敢乱吃，造成昆虫数量减少（饿死），于是以虫子为食的鸟儿也就饿死了。这个问题的解决方案很简单，就是尽量种植本地植物。

这是非常有好处的。总之，如果你能容忍小狼唱歌，能把翻过8英尺的围栏偷吃你的花园的动物炖成美味，抛弃掉你花园里像塑料一样的奇花异草，你的鸟儿们就能重新围着你歌唱了。

*

环保人士习惯于把牲畜说成是土地的破坏者，而它们往往也就是这样。但是如果对它们管理得当，牲畜可以成为草场的守护者，取代那些已经消失了的大型动物。秘诀是要让它们不断移动，让牛仔们充当往日天敌的角色来驱赶这些动物。牧业专家、生物学家艾伦·萨沃里（Allan Savory），在家乡津巴布韦的田野工作中总结了一些经验：“如果牧场中有数量较大的大型放牧动物，这些动物集中在一起

并经常移动，就像它们在天敌存在的时候进行的自然转移一样，那么这将会对土地的健康有益，而不是我们通常认为的会破坏土地。”

萨沃里的经典之作《整体管理》（*Holistic Management*，1999）告诉我们如何将放牧转变为修复土地的工具。有一些地表受侵蚀而裸露在外该怎么办？把一群牲畜赶到裸露的地表处，给它们放上些干草，让它们在那里排泄粪便，植物很快就会重新长出来的。排水沟受侵蚀严重，导致堤岸太过陡峭该怎么办？让牧群去削平堤岸，植被将完成剩下的工作。需要在植被繁茂的地方造一条防火带吗？在防火带的地方喷上一些稀释的糖浆或盐水，动物们会帮你推平上面的植被。

一些农场主注意到了萨沃里所讲的方法，包括毛帕依（Malpai）边界集团的一些会员家庭。这个集团管理着位于新墨西哥州和亚利桑那州南部大陆分水岭上1250平方英里的牧场。那里的牧场主在20世纪90年代的时候曾经聚在一起，试图找到一个方法，恢复他们牧场上的林火，因为木本植物已经大有取代草场之势。从那以后一些科学家们逐渐参与进来，寻找其他可以进行合作的领域。很快有一本关于毛帕依的书描述了他们的情况：

> 这里是一片人工生成的原始牧场：它不是由于缺乏人类的存在而形成的，而是在人类的干预下形成的，而它又反哺了生活和工作在这里的人们，给了他们可持续发展的生活环境。从表面上看，这项工程跟以往五代人所进行的没有什么区别：放牧、养牛，但它已经发展到囊括了科研、通信和宣传、房地产、法律、野生生物学、规划，以及林火管理等各个方面，更不用说政治了。

毛帕依集团聘请了在非洲出生的环保者戴维·韦斯顿（David Western）作为顾问。韦斯顿曾经从事保护安博塞利国家公园的工作，在那个项目中他将周围马赛牧民的利益与国家公园的利益结合在一

起，并以此闻名。时任肯尼亚野生动物服务委员会的负责人，他安排了美国农场主和马赛牧民之间的互访。更加令人兴奋的是，自从墨西哥美洲虎重新出现在毛帕依地区以后，集团正在努力让这个美丽的动物重新出现在美国西南部它曾经生活过的地区。

牧场主们以前经常被政府官员和环境主义者骚扰和鄙视，现在这些人突然跑来向自己学习技术，可想而知牧民们有多开心了。此外，他们可以跟邻居一起开派对、点林火、迎接老朋友美洲虎，并结识科学家和马赛勇士，而与此同时，他们改进了草场和水道，卖出了比以往任何时候都更多的草饲牛肉。

*

森林里经常有很多人。罗兰·贝克曼（Roland Bechman）在《树木和人》（*Trees and Man*，1990）中写道，欧洲中世纪的森林中到处都是“篮子编制工、木炭工、造箍匠、制陶工、伐木工，以及牧羊人、赶牧人和养猪者”。通过研究马达加斯加（世界上最重要的生态地区之一）干燥森林的卫星图像，斯德哥尔摩大学的托马斯·埃尔姆奎斯特（Thomas Elmqvist）发现，虽然大片森林在消失，仍有一些地方完好无缺，甚至有所增加。“我们惊讶地发现，森林受毁最严重地区的人口密度最低，并且远离市场。”他告诉《新科学家》，那些长势良好的林区有当地村庄进行严格的保护，“如果外人想使用他们的森林，唯一的办法就是嫁到他们的村庄里来。”

由于对气候问题的担忧，森林现在已经成了固碳和保碳中的关键力量。政府间气候变化专门委员会表示，如果能将20多亿亩农田转化成农地林业（将乔木、灌木、牲畜和边行作物集合在一起），那么就能将500亿吨的二氧化碳从大气中移除。世界农林中心建议说：“如果允许农民在全球市场上出售这些碳，就有可能为山区的贫困人口创造高达100亿美元的年收入。”

森林能改变气候，气候反过来也会改变森林。在《美国的古代森林》（*America’s Ancient Forests*，2000）中，托马斯·保尼可森（Thomas Bonnicksen）为此提供了一个支撑性观点：

> 现代森林只存在于今天。它们既不是冰河期森林的样子，也不会像未来的森林。森林其实就是一些物种的松散集合。这些物种在同一个时段里正好与其他的物种经过同一个区域。每一个物种的到达和离开都是独立进行的。植物移动得非常缓慢，动物移动得迅速一些，但它们都要不断地移动，有时是为了逃离一个不适合居住的环境，有时是冲着新环境的某些优点而去。万一它们无法移动，它们就要想办法去适应环境。如果它们无法适应，就只能面临灭绝了。

（这就是“生态社区”这个古老而又美丽的概念所包含的意义——一切都只是“物种的松散集合”，在某段时间内密切相关，但缺乏凝聚力。）

从重建哥斯达黎加的云雾森林和热带干旱森林的经验中，丹尼尔·詹曾总结出一个可以用于任何森林重建的公式：

> 选择一个合适的地点并取得它的使用权，然后聘请一些以前住在此地的居民作为驻地经理。对栖息地的残留生物进行分类，找到可以恢复的品种，然后设法抑制那些在生物上或物理上对残存生物构成挑战的因素。真正的挑战是如何把农民的生物操纵技能转化为保护生物多样性的技术。对管理目标进行明确和公开是非常必要的。重建的目标到底是一个低成本的动物园、植物园、基因库、分水岭、教学实验室，或是它们的某种组合？

在婆罗洲，采伐和火灾已经使森林严重受损。两个有着不同目标的重建项目正在进行之中。一个是围绕重建濒危猩猩栖息地的想法。

林务官威利·斯米茨（Willie Smits）跟600个迪雅克家庭密切合作，应用一系列策略把棕榈种植园的土地重新改回到雨林，并使用大量堆肥加速这一过程。最初的8平方英里的森林已经被耐火并能产生经济效益的糖棕榈农场包围。第二个宏伟计划被称为人工林项目，旨在建立起婆罗洲真正可持续的木材。1900平方英里的一半将用于生长速度较快的金合欢树的种植，1/3用于野生森林，与野生动物走廊相连，其余的用于原住民居住。对比这两个项目在未来几十年的发展，将是一件很有意思的事情。

苏格兰高地现在是著名的不毛之地。那里曾经是一片茂密的森林，被苏格兰松树、桦树、刺柏、罗文和桤木所覆盖。在18世纪中叶，当苏格兰的最后一批狼被杀死后，马、鹿数量暴涨，吞噬了所有的树苗，只有一小部分森林幸免于难。现在，一个名为“生命之树”的工作组力图重建600平方英里的森林。2008年，他们获得了一块1万英亩的地皮，加上残留的林区，组成了项目资产。下一阶段的任务是重新引进消失了几百年的野猪和海狸。如果可能的话，海狸将用它们特殊的方式去恢复苏格兰的生态系统。动物和植物多样性将会大大增加。

*

“生态信托”（Ecotrust）是位于波特兰的一个环保集团，其宗旨被归纳为“经济、生态、公平”，有我所知道的最雄心勃勃的森林经济项目，其范围包括了整个温带雨林，从太平洋沿岸的圣弗朗西斯科延伸2000英里一直到阿拉斯加。集团的总裁斯潘塞·毕比（Spencer Beebe），是这样描述的：

> 这是一个与任何其他项目都不同的系统，它拥有500万英亩的水——陆植被，而且其中只有7%属于私人所有。我们可以购买一些已经被砍伐殆尽的土地，通过建立一个生态投资模型来达到

6%~8%的实际回报率。除了产品销售带来的收入（通过模仿自然干扰模式获得的纸浆和锯木），我们还可以通过提供各种生态系统服务（水、碳、纤维素乙醇、缓解银行、保护地役权等）来获得利润。

生态信托把这个地区称作大马哈鱼的国度，因为这个充满魅力的物种已经在这个区域生活了很长的时间，是一种传统的当地食品来源和主要出口品种，它也同时被认为是对生态系统健康程度最灵敏的指示器。（我是生态信托的顾问之一，部分原因是因为我对俄勒冈州的热爱。1957年，我曾做过一段时间伐木工，整天跟树木拥抱。捆木工每天都要跟大树拥抱，并以此为生，只不过有些时候大树会以特殊方式向你还礼：那就是压扁你。我学到一个多数绿色主义人士所不知道的事实：伐木工热爱树林。这就是为什么毕比的想法可能会有效。）

美丽的栗子树曾经一度主宰了从亚拉巴马州到缅因州，从密西西比河到大西洋的森林。它们能长到130英尺高，树干直径达到10英尺，而且每年都会收获大量甘甜的栗子，提供人和其他动物过冬的食品，包括松鼠、鹿、火鸡、熊、松鸦和老鼠。1904年，一种外来真菌开始吞噬栗子树。到20世纪20年代，树木被吃光了，只剩下贫瘠的土地。通过与中国板栗进行抗病杂交的努力也最终以彻底失败告终。

关于这个，苏珊·弗赖恩克尔（Susan Freinkel）写的《美国板栗：一个完美树种的生命、死亡和重生》（*American Chestnut: The Life, Death, and Rebirth of a Perfect Tree*，2007）一书中所说的重生就是通过基因工程得到一种抗病的美国栗树。两位研究人员试图使用青蛙基因的衍生基因来实现这一目标，但所有人都告诉他们，千万不能把青蛙的基因植入人类食用的植物中去。一个名为阿波针（ArborGen）的森林生物技术公司联系到美国板栗基金会，希望获得一些帮助来支持转基因板栗的研究。可想而知，他们被拒之门外了。

但无论如何科研会继续进行下去。我敢打赌，美国板栗2.0将在21世纪20年代蓬勃发展，绿色人士将在2020年末开始迎接新板栗的到来。

在《干预：直面生物技术星球上基因工程和生命的真正危险》（*Intervention: Confronting the Real Risks of Genetic Engineerin and Life on a Biotech Planet*，2006）一书中，丹尼斯·卡鲁索（Denise Caruso）告诫人们："我们需要担心的一个问题是，转基因树本身将来是否会成为入侵物种。"其实，就是这个问题。入侵在生态学上是一个中性词，它唯一的含义就是某种东西在增加。即便栗子树在人类的帮助下数量增加，这也不会是第一次。大约2000年前，栗子树的数量突然在落叶阔叶林从7%跃升到40%。促成这一变化的，据推测，就是当时管理树林的印第安人。

*

最激进的重建计划也许要算对"更新世大灭绝"动物的恢复了：试图把这些大型动物还原到北美生态圈中，让它们重新发挥重要作用。这样做不仅仅是因为怀旧。为了对灭绝之前和之后的情况进行评估，科学记者伊冯娜·巴斯金（Yvonne Baskin）研究了南非生态学家诺曼·欧文－史密斯的研究成果，后者一直在研究他所说的"基本草食动物"假说。

巴斯金在《大自然的作品》（*The Work of Nature*，1997）中写道："在动物绝种之前，花粉记录显示，从阿巴拉契亚山脉到落基山脉的大陆被公园般的开放林地所覆盖，中间点缀着片片草地和野花。"显然，这样田园诗般的风景是和猛犸象、剑齿虎以及其他动物的贡献是分不开的。这些动物消失以后不久，

> 林间空地可能就被野生的灌木和树苗所填满了，挤走了草和草药。那些空旷区域的没有动物来吃的草可能因此长得更高，变成了频繁发生的林火助燃剂，继而烧死了长在它们中间的小树

苗。欧文·史密斯认为，这样的结果就是以前的那些混合稀树草原逐渐变成了今天若干个形态不同的区域，一边是茂密的森林，另一边则是像这个地区如今这样一望无垠的大草原。没有大型草食动物创建和维护多样化的栖息地分布，许多中小型动物就逐渐被隔离到一些孤立的生存空间中。由于它们的逃生通道越来越被空旷的草原或繁密的森林阻隔，小型哺乳动物的命运将越来越多地受不断变化的气候随机干扰，甚至猎人摆布。最终这些生物大多数也灭绝了。

1999年，更新世过度捕杀理论的创始者保罗·马丁在与肯尼亚的戴维·韦斯顿进行交谈之后，受了启发，提出了让长牙象重新出现在美洲大陆的想法，这将是美洲“生态复活”的元素之一。马丁在《猛犸象的黄昏：冰河时代的大灭绝和美国的重新野生化》（*Twilight of the Mammoths: Ice Age Extinctions and the Rewilding of America*，2005）中阐述了他的想法。他被韦斯顿描述的安博塞利公园的大象感动，这些大象以树木和灌木为食，并不断地与食草的马塞伊牛交换位置。一旦草被吃完，灌木和树木就会很快长出来，这会把大象吸引过来吃掉它们，这样草地又恢复到适合牧牛的程度。韦斯顿将其形容为“一个草地、树木和灌木丛所组成的马赛克拼图。这就是为什么大草原需要多样性的原因”。

韦斯顿发现“大象和牛群以一种伤害自己成全对方的做法改造着它们的栖息地。它们创建了一个不稳定的互动，就像是幻影舞者在懒洋洋地跳着一支生态小步舞，你进我退，一直持续了几十年甚至几百年”。对于引入大象的想法，保罗·马丁认为：“我们很快就能够知道在一个新的环境中，野牛和大象是否也会跳起这支小步舞曲，为了整个美国环境的需要。”

有一些恢复草食动物的生态区已经到位。如今法律开始保护西部的野马和野驴。“由于马是从这里进化来的，经过几千万年的蓬勃发

展，在大约1.3万年前消失了，”保罗·马丁指出，“因此它们在16世纪跟着西班牙人来到这里就不能说是外族入侵，而只是一次复兴。”

水牛，即美洲野牛，到1890年减少到只剩500头。现在它们的数量回升至50万头，并在为此付出代价。水牛的肉细嫩而且很有滋味，市场很好，而且相比常规牛肉来说，成本上也有优势。艾丽斯·奥特华特（Alice Outwater）写道：“由于水牛是在大草原上完成进化的，它们吃苦耐劳的能力远远超过一般的牛。喂养它们不需要抗生素、激素或人工生长剂……它们甚至能在普通牛早已被冻僵的低温下继续生存。”特德·特纳在他的牧场上养了5万头水牛（他同时也在恢复场拨鼠，上帝保佑他）。来自19个州的大约57个印第安部落加入了部落间野牛合作社，这有助于恢复野牛数量，从而“促进文化，振作精神，恢复生态和促进经济发展”。蒙大拿州立大学成立了一个野牛研究中心。随着人们逐渐离开“水牛家园”，野牛也正在慢慢回归。

*

保罗·马丁的重建野生环境的想法，与“地球第一”的创始人戴夫·福尔曼（Dave Foreman）从1991年开始一直在推动的一个项目有异曲同工之处。福尔曼的计划受到生态学家迈克尔·苏莱的启发，是针对一些重要的肉食动物而不是草食动物而进行的。福尔曼在《再野生化北美洲》（*Rewilding North America*，2004）中写道：“狼、美洲豹、猞猁、狼獾、灰熊和黑熊、美洲虎、海獭，以及其他顶级食肉动物需要在整个北美地区进行恢复，恢复到适合生态发展的适当密度。”和许多人一样，1995年黄石公园引入狼所达到的效果给他留下了深刻印象。麋鹿曾经主宰了整个公园，它们吃河岸上的白杨、柳树和棉白杨，以至于海狸再也无法修建水坝，湿地也逐渐消失殆尽。如今狼重新入驻公园，福尔曼写道：“麋鹿重新变回了麋鹿。它们醒了！它们开始到处移动，并需要时刻提防敌人的到来。它们再也不能大摇大摆地在河岸上到处乱走了。”海狸也回来了。

环保生物学家乔希·唐兰（Josh Donlan）将马丁和福尔曼的想法结合起来，说现在需要把更新世的过度捕杀过程反过来，进行一次“更新世的野生化运动”。在《美国博物学家》2005年的一篇文章中，作为第一作者的唐兰（其他作者为：福尔曼、苏莱、保罗·马丁等），建议引入已经消失的北美巨型动物的替代品。非洲猎豹和非洲狮可以取代消失了很久的美洲猎豹，是这些猎豹使我们的叉角羚羊行动起来如此迅速。双峰驼在自己的家乡蒙古草原上已经是濒危动物了，它们将会在这里成为它们远古时代亲属的替代者。我们的野马和野驴将迎接来自欧洲的原始普氏马和亚洲驴的朋友们（这两者在其本土都是濒危动物）。非洲和印度的大象将会取代我们的乳齿象。在进行前期研究的较长时间内，这些动物将被安置在一个巨大的有围栏的公园里，这其中一部分的开支将由生态旅游来支付。

这个计划的一个缺陷是：虽然大象可以替代乳齿象（它们都吃树木和灌木），但是没有动物可以真正取代吃草的猛犸象。我们唯一的选择就是恢复猛犸象本身，这个想法正在迅速变得可行。根据《纽约时报》2008年的一篇文章估计：“一头活的猛犸象有可能只需1000万美元就可以进行复制。”宾夕法尼亚州立大学的研究人员正在从猛犸象的毛发样品中提取它的基因组序列。由哈佛大学的乔治·丘奇和京都大学的山中伸弥开发的新技术，能够把大象的皮肤重新编程到胚胎状态，然后再注入一些猛犸象基因，直到得到一个猛犸象胚胎的替代品，再把它植入一个大象的母体内。看起来尼安德特人也许可以用相同的技术重新回到地球，但他们属于欧洲。其他可能复活的北美动物包括剑齿虎、短脸熊、巨型地懒、巨河狸，以及犰狳状的雕齿兽。

过于牵强？1989年以来，生态学家谢尔盖·兹莫夫已经在西伯利亚东北部组建了一个更新世公园。在60平方英里的围栏保护区，它引进了驯鹿、驼鹿、雅库特、麝牛和美洲野牛，而且很快还会有赛加羚羊、牦牛、狼獾、黑熊和西伯利亚虎。日本和俄罗斯科学家正在帮他对猛犸象（和犀牛，可能的话）进行克隆。在2005年《自然》上一篇

阐述他的理论的文章中，兹莫夫说，苔藓和森林苔原是生态系统中大型动物缺失的典型产物，当这些动物重返森林之后，以草为主的“猛犸象苔原——干草原”将重新出现。他的希望是：

> 通过学习如何在高纬度地区保护和扩大更新世时期的草场，我们就可以开发出一些方法来延缓和减少全球变暖带来的负面作用。被以前的猛犸象生态系统困在土壤里的碳的总量，超过了地球上所有热带雨林含碳的总量。而这些碳可能会因为地球升温而以温室气体的形式进一步释放到大气中。

在北美，戴夫·福尔曼也在整个大陆的层面上考虑问题。“自然保护区一定要大，而且要互相连接起来。”这是他的野生化计划的基本思想。他坚持说，现有的公园、荒野和无路地区之间需要保护通道进行连接，就是所谓的四个“大陆巨型纽带”：贯穿南北的太平洋山脉、大西洋山脉、大陆分界线以及横跨东西的北冰洋寒温带。让我吃惊的是，单单为了气候的原因，他提到的这三个南北走廊也是值得去建的。毛帕依的美洲虎可能需要去加拿大了。

*

没有什么比一个有价值的敌人更能启发心智了。

我首选的开始时间是在黎明之前。我喜欢在天边第一道曙光出现之前来到山上。漫步山间，隐约可见陆军巡逻兵前晚留下来的痕迹。我穿着做了油化防水处理的裤子行走在茂密的丛林中，带着简约主义的早餐包和生存工具，还有工作手套、一个大的锯齿军刀和一把鹤嘴锄。当我到达工作区时，我会煮一些咖啡，嚼几口酸奶麦片，然后静静地看着整个大地初见晨光。一日之计在于晨啊！

我擅长消除蒲苇，它是一种从阿根廷和玻利维亚入侵的植物，长着高大金色的羽状叶，极富装饰性和观赏性。它们是很久以前从苗圃和人们的后院中逃离出来的，在金水桥西边的国家公园安家落户。事实上，制造麻烦的并不是真正的蒲苇，而是它邪恶的双胞胎朱巴塔草（Jubata grass）：外表跟蒲苇完全相同，但它能够无性繁殖，大约每100万个从母体吹落的种子中就有一个具有繁殖能力，而且它们可以在风中飘行几英里之远。我的目标是根除这个流域的朱巴塔草。我所用的技术就是个人暴力，使用刀和鹤嘴锄，肢解和根除这些可以长到一辆别克汽车那么大的植物。

我的劳作以半天为一个单位：找到敌人的据点，披荆斩棘地来到那里，连根拔起入侵者，心满意足地欣赏一下劳动成果，然后再开往下一个目标。这也是我锻炼身体的方式，我从不去健身房或跑道上白白消耗时间。这尤其可以增强上半身的力量，这使得我这个上了年纪的男性感到自豪，并因此快乐。我发现跟这些聪明的植物作斗争比抓一条狡猾的鳟鱼或一头高贵的鹿更加引人入胜。入侵植物对它们所做的事情非常在行。仅仅是掌握朱巴塔的习性就花了我好几年的时间。

我是生物偏执主义、原生植物纳粹。我们这样的人是有组织的。在美国每一个州都有一个原生植物协会。去保罗·霍肯的“智能地球”数据库里搜索原生植物，你就可以得到上千个清单。无数的原生植物苗圃为像我这样的癫狂人士带来福音。我们挨个州地去说服高速公路管理部门停止割除1200万英亩路边草地和隔离带植物，种上当地植物，正如一名支持者所言：“这样的话，当你驾车走在特拉华的公路上，你知道你是在特拉华州，而不是在热带地区。”

*

我认为原生植物运动（native-plant movement）是非常有意义的，就像观鸟活动一样，把人们固定在他们生活的地方，并让他们有机会辅助生态学家进行科学研究。另外，它确实也能够改进生态系统

的健康。如今生态恢复和原生植物的从业者越来越多，其中很多人采取的一些做法和想法都不同寻常，可能会让大多数人感到惊讶。现在就让我们来揭秘他们的一些做法吧。

秘密：真正的生态重建主义者使用除草剂。有时候外来入侵者的规模或危害性使得所有其他方法都黯然失色。黄星蓟，恶魔般的杂草，吞没了美国西部地区，跟葛藤对南方的侵害不分上下。仅在加州它就覆盖了1500万英亩的土地。它不但不能用来喂养野生动物和牲畜（但也无害），还会赶走其他的植物。大自然保护协会正在使用“里程碑”、“毒莠定”以及易位蛋白（Transline）等除草剂来对付爱达荷的地狱峡谷（Hell’s Canyon）等地方的黄星蓟。还有，具有侵略性的雀麦草（cheatgrass）和海蛇头（medusahead）令西部地区变得如此易燃（气候变化将会加剧这一危险），土地管理局正在计划向100万英亩的土地上喷洒一种名叫“高原”的除草剂。《高地新闻》报道说：“许多环保人士担心这样做的附带损害。然而，工作在第一线的生物学家和土地管理者几乎一致认为，杂草构成的威胁已经超出了除草剂带来的危害。”

在我清除朱巴塔草的那个国家公园里，有一些地方的草长得如此厚实，我和其他志愿者无法伤害到它们一根汗毛。公园服务机构的工作人员动用了除草剂进行清理。恢复原生草地的惯用做法是使用除草剂清理整个牧场，然后从头开始播种本地植物的种子。在我重建高地栖息地的地方，我偶尔使用草甘膦来对付十余种入侵者。

秘密：对茂密的入侵植物群进行史诗式的清除是没有用的。这样做的结果是，土地原有的秩序被打乱了，相同的杂草会重新长回来，或者引入一些新的杂草。正确的解决方案是布拉德利的再生方法，这种方法是艾琳（Eileen）和琼·布拉德利（Joan Bradley）姐妹于20世纪60年代在悉尼发明的（因此以她们命名）。她们的方法开始被专家们嘲笑，直到澳大利亚国家信托组织在1975年对这项技术进行测试

并采用，从那以后这项技术就像病毒一样传播开来。布拉德利姐妹的策略是让原生植物自己来完成大部分对抗外敌入侵的工作。先从侵略者最少的地方开始，小心地把它们连根拔起，然后拔掉其他所有的外来杂草，以防止它们互相替代。然后等一段时间，让本地植物逐渐壮大并富有侵略性。到下一季的时候，使用同样的渐进除草法帮助更多的本地植物赶走入侵敌人。通过几年这样零星的小量工作，问题就得到了永久的解决。这对姐妹的遗作《找回灌木丛》（*Bringing Back the Bush*，2002），是值得一看的。

秘密：外来入侵物种增加生物多样性。新西兰是一个著名的受入侵非常严重的地方：它有2065种原生植物，而多达2069种外来植物已在此落户。布朗大学的生态学家多夫·萨克斯（Dov Sax）指出，新西兰的生物多样性增加了一倍，而有记载的物种灭绝只有3种。“我讨厌‘外来的就是邪恶的’这样的论调，”萨克斯告诉《纽约时报》，“因为这是非常不科学的。”他们认为灭绝是外来掠夺者引发的，很少是由外来竞争者造成的。根据《长期农业活动家》（*Permaculture Activist*）中的一篇文章，“在总共近6000种维管植物中，加州有1000多种自然外来物种，但已知的灭绝了的当地植物少于30种”。

秘密：一些外来入侵物种是有益的，或者能成为有益的。迈克尔·波伦在《第二自然》（1991）中写道：“圣约翰草、雏菊、蒲公英、马唐、梯牧草、三叶草、藜，藜属植物、毛茛、毛蕊花、皇后安妮的花边、车前草，或蓍草，很难想象没有这些植物的美国大陆将会是什么情景，然而在清教徒登陆之前是找不到其中的任何一种植物的。”夏天加利福尼亚州风景如画的金色丘陵其实是欧洲的舶来品：由西班牙人带来的年度草很大程度上取代了本地多年生的丛生禾草，这种禾草的根非常深，因此一年四季呈现绿色。新草蔓延得非常迅速，当西班牙人到达加州北部的时候，他们在南方引进的燕麦草已经先于他们到达了北方，那里的印第安人已经在吃燕麦了。《湾区自然》（*Bay Nature*）的一篇文章认为，“地中海的年度草……已经成

为加州植被的一部分了，就像本地的多年生草一样。如果现在再给它们搞入籍仪式就已经太晚太晚了。”

想想备受厌恶的斑马贻贝。它是通过压舱水来到美国的一个经典入侵者，于1985年从黑海来到美国的五大湖区。到1996年，它已经出现在所有的大湖和大部分中西部的河流中，包括密西西比河。斑马贻贝一旦成群地附着在硬质表面上，就会造成打沉浮标、堵塞进水口、裹住船舶、窒息其他贝类等严重后果，是个巨大的麻烦。但多夫·萨克斯（又是他）和他的老师，生态学家詹姆斯·布朗在他们合著的书中希望我们知道：

> 这个故事有它的两面性。富营养化的问题已经困扰了五大湖区几十年了。通过过滤水柱中的浮游生物和其他悬浮物质，非原生的斑马贻贝已经帮助清理了伊利湖和湖区的其他部分、哈得孙河和许多其他水生环境。这些贻贝的过滤作用比其他原生的贝类更加有效。另外，许多鸟类以它们为食，而且贻贝的排泄物为一个具有多样性的食物链提供了栖息地。生物学家认为斑马贻贝为原生草和鱼类的恢复做出了很大贡献。如果它是原生的，它将被喻为救世主，而不被视为洪水猛兽。

秘密：热带地区没有外来入侵物种的问题。“这些花哨的入侵者是无法翻越花园围墙的，”丹尼尔·詹曾告诉我，“而热带是一个真正的丛林。”当然，这只适用于大陆地区。热带岛屿充满空龛，极易入侵。澳大利亚就是这些岛屿中最大的一个。

秘密：气候变化有利于杂草。地方性物种往往专注于适应当地的环境，而且适应范围有限。当条件发生变化时，它们是最早掉队的，被争强好胜的外来客所代替，也就是我们所说的杂草。当气候变化的时候，保卫地面上的濒危物种注定要失败。此外，全球变暖会导致更多的火灾，火灾过后的增长期可能会比以前有所不同。

秘密：生物防治通常是有效的。不可否认，1833年夏威夷引入的用来吃老鼠的猫鼬吃掉了除了老鼠以外的所有东西，成了生态领域的一个警世故事，就像1935年为了控制甘蔗甲虫而引入澳大利亚的臭名昭著的甘蔗蟾蜍一样。蟾蜍变成一场入侵噩梦，接管了整个国家，吃了所有它不该吃的东西，毒死了所有尝试吃它的动物——鳄鱼、蛇、澳大利亚野狗、澳大利亚猫（有袋猫），以及宠物狗。倘若你尝试用板球棒去打它们，它们的毒液还会喷到你嘴里。但是，猫鼬和甘蔗蟾蜍的引进都没有经过如今生物防治剂必须要经过的评估过程。生物防治剂必须是昆虫或更小的动物，因为这样的话它们可以更有针对性地来控制目标生物体。地狱峡谷的大自然保护协会正在使用3种象鼻虫和两种苍蝇对黄星蓟进行抑制，并已经取得了相当的成功。在过去的100多年中，350种防治剂已经针对133种杂草进行了成功的部署，只有8种非目标生物遭到了损害，而且并不严重。加州入侵植物委员会的通讯文章宣布："理想的生物防治剂年复一年地取得成效，遍及所有目标植物生长的范围，并延伸到很难触及的地方……它们不断地取得成功，我们甚至已经忘记了我们曾经被这样的问题困扰过。"

预言：生态恢复者将会对转基因生物防治剂持欢迎态度。大闸蟹、栉水母、火蚁、黑鱼、尼罗河鲈鱼、棕色树蛇、金雀花、矢车菊、水葫芦和粉葛，这些生物都极具破坏性，以至于目前的技术拿它们没有办法。用基因工程来改进生物防治剂的目标特异性是个显而易见的解决方案。而且这个尝试已经开始了。在澳大利亚联邦科学与工业研究院的一个2002年开始的项目中，病毒学家杰姬·帕利斯特（Jackie Pallister）正在努力合成一种蛙病毒基因序列，用来消除由于引进甘蔗蟾蜍所犯下的错误。这比板球球棒有效得多。

*

"生态学应该是一个预测性的科学。"爱德华·欧·威尔逊这样告诉我。目前，生态学仍然是一项观测科学，因为观测尚不完整。自

从1735年卡尔·林奈（Carl Linnaeus）创立分类学以来，大约有160万到190万个物种（没人知道确切的数量）已经被发现，而对全球物种总数的估计在300万到1亿之间（不包括微生物）。换句话说，我们太无知，我们都不知道我们有多么的无知。

园丁知道他们的花园中的所有相关物种，因为他们试图让事情保持简单。如果我们打算对野生环境（以及整个世界）这个大花园负责任地管理，就不能像园丁一样进行简化处理。我们必须收集所有的生物品种，真正理解食物网、能量网、生物地球化学循环、季节和气候变化、人口转移比例，这些关于生命运行极致的方方面面。加州科学院软体动物专家特里·高斯赖那（Terry Gosliner）打了这样一个比方："试想一下，要做化学研究却只知道元素周期表的1/3，将会是什么结果。"

我之所以知道这些，是因为我在2000年参与了一个我们称为"全物种目录"（All Species Inventory）的计划。这是凯文·凯利的想法。在成立宣言中，他写道："如果我们发现了另一个星球上的生命，我们要做的第一件事，就是对那个星球上的物种进行系统统计。但是我们从来没有在我们的地球家园上做过这样的事情。'全物种目录'的目标很简单，就是用我们这一代人的时间，对每一个生活在地球上的物种进行记录和基因取样。"我的妻子瑞安·费伦刚刚出售了一家公司，所以我们投入了一些钱，将世界顶尖的分类学家和系统学家集合在圣弗朗西斯科，开会讨论对所有物种进行盘点的计划是否有益、可行和值得推行。几个星期后，爱德华·威尔逊在哈佛大学举行了一次后续会议。科学家们的普遍反应是这项计划是值得推行的。

当项目开始运行后，我参与了哥斯达黎加、大烟山国家公园，以及木鼠体内的物种统计。[为什么是木鼠体内？通过人类微生物群系项目，我们了解了一个生命依赖其他生命的程度。卡尔·齐默（Carl Zimmer）在《寄生虫雷克斯》（*Parasite Rex*，2000）中写道："在

墨西哥有一种鹦鹉，仅在它的羽毛上就生存着30种不同的螨虫。而寄生虫本身又有寄生虫，其中的一些又有自己的寄生虫……据估计，寄生虫的种类可能是非寄生物种的四倍。换句话说，对生命的研究在大多数情况下就是一门寄生虫学。”］有一位科学家捐赠了100万美元给“全物种目录”，但从那以后就没有什么进一步的资金来源了，我们的组织2004年谢幕了，虽然有几个联合项目还在继续运行。

*

爱德华·威尔逊在2003年写了一篇关于生态与进化趋势的文章，题为“生命百科全书”，受到广泛阅读。他说，我们的目标是要“把所有我们已知的物种的信息放到一个大的数据库中，做成电子百科全书，为每一个物种提供一个可以无限扩展的页面，让世界上的每一个人可以在任何时间、任何地点免费地访问它”。2007年，麦克阿瑟基金会、斯隆基金会和其他一些基金会开始资助该项目。项目与一些重量级单位结成合作伙伴——史密斯森尼学会、联合国博物馆、菲尔德博物馆、哈佛大学、伍兹·霍尔海洋研究所、密苏里植物园，以及生物多样性遗产图书馆，这个图书馆正在将5亿页纸媒上的物种信息进行数字化，从而合并到电子百科全书中去。希望到2017年几乎所有的170万个已知物种都将在数据库中。丹尼尔·詹曾宣称，这将是“世界生物多样性的窗口，为世界而造，服务于世界（for the world, by the world）”。

“为世界而造”这部分是革命性的。分类学就像其他科学一样，已经开始了天翻地覆的变化。研究数据已经从隔离数据转化为共享数据。分类学家曾经将职业生涯建立在生命之树的一个小分支上，比如说一个特定种类的甲虫。他们试图收集这个种类的所有信息。如果你发现了一个新物种，认为是属于特定生物种类的，那你就把生物样本寄到专家那里去，然后等待数月后知道结果。基因银行（GenBank）改变了这一切。由于它是个可以自由免费在线访问的基因数据库，包括

人类基因组，科学家们可以在刚刚有了初步发现的时候就上传这些数据。这些数据经过公众的评论、修改和链接，变成有用的知识，并且提供给所有人。科学研究已经开始以前所未有的速度进行冲刺。老一辈还执着于隔离数据的科学家们将逐渐被主流所遗弃。

进入下一个阶段，丹尼尔·詹曾的一个难以自拔的理念是：生命条形码。詹曾已呐喊了若干年，说他想要的不过是一个手持设备而已。“当你发现了一个虫子，你撕掉它的一条腿，放进这个设备中，这个设备连接到互联网上获取信息，然后会告诉你这是一只什么虫子。如果它不知道，它就认为你已经找到了一个新的物种，会接着询问你关于它的细节，并请你再插入一片那个虫子栖息过的树叶。”（最后这段已经把话题从分类学转移到生态学，从身份研究转移到关系研究了。）

2003年，安大略省圭尔夫大学的保罗·赫伯特（Paul Hebert），为詹曾所寻求的快捷方式完成了一些基础性的研究开发。赫伯特发现了存在于大多数动物体内（因为它是关键的能量来源）的一种线粒体基因的诊断价值，这种基因进化迅速，因此它具有高变异性。这个指示性基因的片段只有648个碱基对。这意味着对它的标本进行测序的成本仅有10美元。这将改变整个世界。

到2008年，DNA条形码已经对37.5万个标本进行了分析。最早的测试是由丹尼尔·詹曾和温妮·哈尔瓦克斯在哥斯达黎加进行的，引起了不少媒体的关注。隐纹稻苞虫的一个物种经测试得知竟然是10个不同的物种。当詹曾继续对瓜纳卡斯特的约1万个蝴蝶品种进行条形码测试时，他发现：“一个标准的结果是，形态学定义的20个品种可以转化成60种条形码品种！一个副产品是：所有的‘通才’都消失了，它们其实就是长相相似的专家集群。”加州科学院的布赖恩·费希尔正在对马达加斯加的所有蚂蚁的DNA进行条形编码。还有一个项目正在对全世界的鸟类的DNA进行编码，另外有一个项目，要对所有的鱼类的

DNA进行编码。目前两个用来鉴别植物的诊断性基因片段已经确定，世界植物DNA条形编码也已经开始进行了。所有的条形码，当然都将被发布到基因银行中去。

这又能怎么样呢？

这就像是你刚刚获得了一些颠覆性的能力，比如说你的手机突然有了照相功能。詹曾的手持式DNA设备还没有完全开发出来，但在此期间，你可以花几块钱邮寄几片组织去圭尔夫，那里的人可以让你了解到神奇的事情，例如说你是否被鱼贩子骗了。杰西·奥苏贝尔（Jesse Ausubel，绿色核能的拥护者）派出了两个十几岁的学生，在曼哈顿的10个杂货店和4个餐厅收集鱼类样本进行条形编码。据《纽约时报》报道：

> 他们发现，在DNA可识别的鱼类样本中，有1/4被贴上了错误的标签。在被当作豪华美味出售的寿司中，所谓的白金枪鱼居然是莫桑比克罗非鱼，它比金枪鱼便宜得多，往往在普通农场就能养殖。鱼子本应来自飞鱼，结果实际上是来自香鱼。9个红鲷样本中有7个的标签是错误的，它们有的是大西洋鳕鱼，有的是阿卡迪亚红鱼——一种濒危鱼类……4家餐厅中的两家和10家杂货店中的6家都出售过贴错标签的鱼。

正如袖珍计算器将数学民主化，DNA条形码技术使得整个世界不再是生物文盲。正如詹曾说的：“我们可以做到让全世界70亿人都知道究竟是什么生物咬了他们，勾起他们的兴趣，令他们担心，吸引他们，让他们发痒，令他们作呕，并提供与这些知识相关的商品或服务。”业余观鸟爱好者改革了鸟类学。如今有了DNA条形码的力量（以及接下来将要出现的），形形色色的业余分类者将改变我们关于地球上所有生灵的知识。也许所有的物种都将被识别出来。生态学真的有可能成为预测性科学。

*

民族植物学家加里·纳卜汗讲述了他在对两幅地图进行对比时的顿悟。一个是美国濒危物种情况最严重的县，另一个显示了每一个县人类定居时间的长短。他发现了以下的模式：“在人口长期居住在同一个地方、移动相对较少的地区，濒危植物和动物的数量较少；在有大规模移民迁入和迁出的地区，濒危动物相对较多。”纳卜汗在《栖息地文化》（*Cultures of habitat*，1997）中探索了另外一个相关性：在时间范围内，自然多样性高的地区有较高的文化多样性。文化最丰富和相对少变化的地区，生命是最丰富的。

这能成为一个目标或者战略吗？想要成为印第安人并不需要羽毛，只需要足够的关注。想要成为一个本地人，并不一定要出生在那里，只要你对那里的关注足够长、足够深，你就能属于那里。当这种情况发生的时候，你就有了一个真正的家。诗人加里·施奈德从1970年以来一直住在位于加州内华达锯齿山脉朝西山麓上的一座手工建造的房子里。他的电子邮件的落款地址是这样的：

科特科特地兹

南浴霸河北边

盲荫河的源头附近

在丛生禾草甸高处的树上

（科特科特地兹是米沃克印第安语，是在他住处附近发现的松树林下叶层的一株灌木的名字。也许是因为它非常黏滑，并有着强烈的气味，它的英文名称是“山区的苦难”。）

我们曾经称之为二次定居（reinhabitation），也叫生物区域主义（bioregionalism）。在《共同进化季刊》和其他地方，我们发布

了一个二次定居的小测验，目的在于提醒人们对自然系统的无知，并激发他们更多地参与到当地事务中去。你可以在网上找到这个测验，标题为“这里很大”。所有的版本都是从这样一个问题开始的“请指出北在哪里”。（你能吗？立刻马上？）接下来是：现在的月相是什么？春天哪一种野花总是最先开花的？说出五个生长在附近可以食用的植物，以及它们的最好季节。说出五种鸟的名称，以及其中哪些是候鸟。你所在的地方以前住过什么的原住民部落？你的脚下的土壤含有更多的黏土、沙子、岩石还是淤泥？（这个我没答上来。）

关于水的问题特别能说明问题，因为它们能将自然和人工基础设施联系起来：你走多远才能到达另一个流域？你能画出你所在流域的界限吗？你需要钻多深才能钻到水源？从热带雨林开始追寻你喝的水的来龙去脉。当你冲马桶的时候，那些固体物质去了哪里？那些废水又去了哪里？

这又引发了其他的基础设施问题：你的手机运营商离你最近的基站在哪里？你的本地电力公司是从哪里得到电离子的：煤炭、核能、天然气、水、生物燃料、太阳能，还是风能？如果你家里使用天然气，那么它是从哪里来的？你们当地的水电公司是否提供按时段收费的服务，也就是在非高峰时段降低电价？使用高峰期的附加费又是多少？你所在的镇上如今还在住人的最古老的建筑是哪一栋？当地基础设施中哪些是年久失修的？（这个我不知道，还有另外的四个我也不知道。）

最重要的是：气候变化将如何影响你所在的地区？人们对此有什么样的行动？问题的关键是要积累关于你所在的地区的知识，以便更好地对它负责任。这就是本章所说的“园艺”。加里·施奈德写过一段关于佛教版的“环保教育誓言”的思考，我非常喜欢：

有一段禅宗经常诵读的经文是“四弘誓愿”，第一句是：众生无边誓愿度。每天向着宇宙大声读出这样的誓言是有点儿困难的。这个誓言跟了我好几年，直到有一天我突然醒悟：我意识到自己一直是在发誓要让众生来度我。同理，不杀生、不伤害的戒律不能光停留在否定的层面上，它要求我们珍爱生命，消弭伤害。

施奈德更进一步，把这样一种对土地的discipline上升到整个地球的discipline。“不管你喜欢与否，”他写道，“我们最终是‘栖息’在这一个蓝绿色的小星球上。它是唯一的有着舒适的温度、良好的空气和水，以及数百万（或几百亿）英里的生灵的地方。”

这是一个有很多伤害需要弥补的地方。地球作为一个整体，是所有修复项目中最雄心勃勃的和最为必要的一个。

本章的在线注解、更新、补充和插图，可以在http://discipline.longnow.org/找到。





第九章

星球治理的技艺

人造卫星发射之后，再也没有自然了，只有艺术。

——马歇尔·麦克卢汉

无论是叫管理公共领地，维护天然基础设施，保护野生环境、生态位构建、生态工程、超大规模园艺，或者是人为盖娅实验，人类现在都不得不承担起地球舵手的角色了。保罗·克鲁岑（Paul Crutzen）是一位大气化学家，他曾于1995年因为在研究臭氧层空洞方面的贡献而荣获诺贝尔奖，他曾创造了一个引起很多人共鸣的词语。他写道：“假如我们把现在这个时代称之为人类世（Anthropocene），这似乎是合适的，因为现今世界有很多方面都是由人类所控制的地理学时代。”人类对地球的改造是如此之大，以至于我们可以找出地理变迁的证据。由于人类活动而带来的大气以及生态上的改变，在未来一万年时间里都将带来影响。

假如人类的角色已经扩展得如此之广，以至于整个地球都成了我们的生态位。而从我们最近的所作所为则可以看得出，人类是很烂的生态位管理者。任何一张从太空中看地球的照片——这些照片引发了环保运动——都表明了这一点。詹姆斯·洛夫洛克在他所写的《正在消失的盖娅》一书里写道：“那个标识（地球）正在发生一些微妙的变化：白色的冰川正在融化，绿色的森林和草地正在退化成沙漠，海洋也丧失了蓝绿色的色调，变成了更清的游泳池那样的蓝色，因为海洋也在演变成沙漠。”人类文明需要盖娅大于盖娅需要人类文明。因为越来越多沙漠的出现，盖娅正开始甩掉人类。假如我们要避免这一命运，我们需要在同等规模下与之共舞，并且还要带着寻求和解的姿态。

我们不得不学会星球治理的技艺（planet craft）——包括学会怎么应用技术以及学会怎么去取巧。那些在地球系统里发挥作用的力量如天文数字一般巨大并且无法想象的复杂。我们的参与必须是细微而且是试探性的，最后的方向是使得地球的系统走向稳定。假如我们在合适的时间迈出合适的步子，所有事物还有可能变好。

*

其中一个逐渐浮现出水面的原则是，应当把那些有害的物质集中起来。把人们集中在城市里是好事。把发电之后所剩余的废物，例如密封箱里的核废料，集中在一起，这个跟分散于各地的那些发电后残余的煤炭或石油所排放出的二氧化碳相比，也是一个进步。通过高产的农业、人工林和海水养殖，可以满足我们对食物和纤维的需求，同时还能保护更多的荒地、野生海洋，使之可以充分发挥其盖娅角色。

假如我们把生态系统服务看作“天然基础设施”，并且不过分强求经济回报的话，这样的思路对于我们是有益的。有时候假如我们进行一些价格上的比较，确实可以帮助我们更好地进行决策。联合国有过一个统计，对于泰国的红树林区域，假如是将这些树通通砍掉，改建成海岸鱼虾养殖场，其每公顷的经济效益为200美元；相比之下，假如将红树林保留下来，则每公顷的经济效益将介乎1000美元到36000美元之间，因为红树林可以提供木材、木炭、近海渔业以及在风暴降临的时候对海岸进行保护。

有些情况下，定性的比较比定量的比较更为重要。森林生态学家赫伯特·博尔曼（Herbert Bormann）曾写过这么一段话，一旦我们砍光了一片森林，“我们就需要找到木材制品的替代品，修建防水土流失的工程，扩充水库库容，提升空气污染控制技术，安装防洪工事，改善水净化设施，增加空调数量以及修建新的娱乐设施”。正是基于这样的逻辑，丹尼尔·詹曾提议哥斯达黎加政府建立瓜纳卡斯特保护

区的时候，是要收取费用的，但我们不知道具体的费用是多少，这个还需要进一步商谈。

事实上，即便是我们的人工基础设施，也是基于一些很模糊的经济学原理而建立起来的。几乎所有的大型项目——包括桥梁、大坝、隧道、铁路、机场、发电站、风力发电场、输电线路等，最终都是远远超出预算，同时又延期完成，并且不会像预期那样获得良好的收益。有一个调查项目，对全球范围内的60个成本高于10亿美元的大型项目进行研究，发现“差不多四成的项目因为效果相当糟糕而被彻底抛弃或者是因为遇到了财政危机而进行了重组”。另外一个调查项目则对36个大型项目进行了研究，发现其中有3/4的项目没有能满足在做预算的时候所设定的财政期望。我们看得到的常态就是，我们总是在做宏大的规划，而后去建设，并且我们大多数时候是很庆幸我们真的这么做了，而钱的问题则需要几十年的时间才能逐步得到解决。

过分强调准确的经济学分析，可能会导致判断事情的时候只考虑它的即时可兑现的价值，就像盗贼从空置的房子里偷取铜电线，或者恶棍从希腊神庙那里偷取连接大理石的铅接口，或者短视的伐木公司通过砍伐整片森林以获取木材一样。而我们应当坚持的标准是看重事物的存在价值。例如，当一个东西在发挥作用的时候，它值多少钱？对于这个我们很难得出准确的数值，但有个估计值也就足够了。

但对于有些基础设施而言，就连估计值都没有了。例如，一个稳定的气候值多少钱？假如要保持我们现有的这个气候，我们愿意花多少钱？会不会有那样一个数值，一旦达到那个数值，我们会说：“不行，那样太贵了！我们还是让气候自生自灭吧。”而这样一个情景下的计算，就不只是金钱上的计算了。

*

对于在全球范围内开展精准的生态系统工程，我们最需要的是知道地球这个系统本身是怎样运作的。我们有大量的模型，但是我们没有多少数据。我们需要在细节上进行监测并且将监测到的数据绘制到地图上，这些监测工作需要持久地进行，并且要保持标准的一致性，唯有如此，我们才能获得气候变化的长期数据。就像我们从GenBank的例子上所学到的，即时性以及透明化是关键。系统分析师唐妮乐·梅多斯（Donella Meadows）则提出了这样的戒律："任何扭曲、滞延或封锁信息的做法都是不容许的。一旦人们对一个系统的信息流加以干涉，就会使得这个系统变得混乱。与此相反，假如你能对一个系统给予及时、准确、全面的信息，将会使得系统运作更好，并且无须花太大力气。"

我们尤其需要改变我们对海洋的无知。詹姆斯·洛夫洛克写道："我们简直就像是踩在理论的蒸汽上一样，海洋对于我们而言真的是一个未知的水域……另外虽然我们对于海洋知之甚少，但我们还是可以创建一些关于海洋的理论，但假如直接拿这些理论来作为制定政策的参考，那就错了。因为理论首先要经受得住长期的观察以及测量的检验，而这点我认为应当成为我们的当务之急。"我们所呼吸的空气是来自海洋，雨水也是；云层可以改变地球反照率，进而影响气候，这也是来源于海洋的。再有，正如海洋学家西尔维娅·厄尔（Sylvia Earle）所指出的，海洋"为地球上乃至是整个宇宙间的97%的生命提供了一个居所"。而这些生命当中，大部分都是微生物，他们决定了大气中绝大部分的气体构成状况。

2009年，谷歌地图的服务开始包含海洋方面的数据。该服务除了会显示来自海底的最新数据，以及洋流和温度数据以外，还会加入"生命百科"（Encyclopedia of Life）的内容。谷歌地图现在被用来追踪观察环境和动物的变化，从极地冰川的变化到带有无线电信号的动物的变化，都通过谷歌地图被监控着。还有那些正在受到威胁的栖息地，以及非法伐木和采矿的行为，都受到了监控。还有一个叫

“地图生态系统检测仪”（MapEcos）的谷歌地图插件，可以标示出所有美国境内的工业污染点，并且还有不同污染点之间的数据比较。另外还有一个叫伏尔甘（Vulcan）的地图，专门记录来自化石燃料燃烧所产生的二氧化碳污染。

另外一个重要的项目是由“国际土壤咨询与信息中心”所制作的“全球土壤地图”，该项目“不仅可以帮助决策者进行关于农业方面的决策，还可以监测气候变化、环境污染以及森林砍伐所带来的影响”。这个项目的首期成果是一个非常精细的非洲土壤地图，并且由于这些地图是以数字化的形式放在网上，它们只会随着时间的推移而变得越来越好，而不是像传统的纸质地图那样会逐渐走向陈旧。（1979年，我担任加州州长杰里·布朗助理的时候，我曾做过一份加州水源地图，但那个地图和相关的图表仅仅是在那几年里发挥了作用。）

另外，高精准的监测工具也开始慢慢推广。一位澳大利亚的木材进口商就使用DNA分析技术，来判断从印尼进口的木材是否来自合法的砍伐途径。（因为据说印尼出口的木材有八成是非法砍伐的。）另外，对全球8万种化合物的毒性测试也有了新进展，现在可以直接使用DNA芯片进行测试，而无须像以往那样进行动物测试。在美国，有一个叫“碳追踪”的工具可以用来监测二氧化碳的流动状况，全球范围内则有像“佛雷斯网络”（FLUXNET）这样网络进行同样的监测，在印度则有“印度佛雷斯”（IndoFlux）。另外，日本于2009年发射的“伊吹”（Ibuki）温室气体监测卫星则可以对整个地球的二氧化碳以及甲烷变化进行监测。

另外一个问题是，我们该怎么去理解那些我们可以监测到的信息？科里·多克托罗（Cory Doctorow）把正在飞速增长的数据流称之为“从千到兆、吉咖、太拉、拍它、艾可萨、泽它，以及尧它的不止步的前进”。另外，数据必须关联起来、经过校准、及时同步、及时

更新，才会对科学家有用。《连线》（Wired）杂志评论说："这个地球的每个角落都布满了高科技监测设备，从围绕极地运转的卫星到装有监测设备的浮标，它们无处不在。问题是，这些不同的监测设备之间还处于一个巴别塔那样的彼此不能沟通的状态。"全球对地观测系统（Global Earth Observation System of Systems）正在尝试以智慧的方式将它们连接起来，另外，还在加强数据密集型可扩展计算机系统的数据搜索的能力。

很多这类的数据库是欢迎业余爱好者参与的。例如，美国有很多园丁和学生会将他们观察得到的作物随季节变化的形态变异记录到"守护萌芽"（BudWatch）这个数据库上，在加拿大，他们有"守护大自然"（NatureWatch），在英国是"自然历法"（Nature's Calendar）。你能说出你所在城市的紫丁香什么时候开花吗？还有你们那里一年当中什么时候会第一次看到燕子呢？

一点一滴地，我们正在构建出一个数字化的盖娅。

*

21世纪头10年最大的一个地球监测工程是一个最终没有启动的工程。这个项目开始于1998年，当时美国副总统戈尔在筹划一个项目，那就是发射一个太空摄像机，并且用这个机器来实时地返回地球面对太阳光照的地区的高清照片，不仅是为了收集好看的照片，而且是为了科研。这样一台摄像机的位置将会是在地日引力中心点，也就是L-1点（拉格朗日－1点）上，也就是离地球大概100万英里的地方。放在这样一个点上的摄像机将可以永久获得来自太阳的能量供应，那个位置实际上已经被证明过是具有巨大价值的，美国就曾于1997年的时候发射了同位素成分高级探测器美国科学卫星。那个卫星对太阳进行监测，可以提前一个小时发出磁暴预警，"因为磁暴可以让电网过载，扰乱地球上的通信系统，并且会对宇航员造成危害"。这是该项目网站上说的。

由共和党主导的国会对戈尔的这个主意进行嘲讽，并称之为“戈尔的屏保”，他们将这个提案提交到国家科学学会进行审议，并且预期不会获得通过。出乎他们意料的是，科学家强烈要求这个项目尽快开展，并且要为该飞船装上一系列的科学仪器以帮助科学家更好地观测地球。这个项目的名字是“深度太空气候观测所”（英文简称是DSCOVR），它将记录地球臭氧层的变化、气雾浓度、水蒸气浓度、云层密度以及被地球反射出去和发射出去的热辐射——也就是会为整个地球算一笔能量方面的账。该计划的首席研究员，来自斯克里普斯海洋研究所的弗朗西斯科·瓦莱罗（Francisco Valero）说：“‘深度太空气候观测所’将会提供一个全球性的而非短视的关于地球的状况报告。”（我可以想象雅克·库斯托听到这话的时候一定会非常开心。）同时这个卫星还会对我们目前所依赖的所有近地卫星上的仪器数据进行校准。

依然是由共和党主导的国会最终还是批准了这笔1亿美元的费用，于是这个卫星开始建造，并且准备好于2001年发射。但是在建设和发射中间有总统大选，而新上台的布什内阁对戈尔怀有敌意，或者更广地说，布什政府是对科学怀有敌意，更准确地说是对气候科学怀有敌意。因为这样的敌意，新的政府延迟并最终取消了卫星的发射。当时，法国和乌克兰都提出，他们愿意免费帮助把卫星发射上天，但美国政府都不予理睬。2008年，44位顶尖气候学家齐聚德国，他们发出联合声明，称我们需要向L-1点发射一颗地球观察卫星，并且这对于气候科学来说是必不可少的。

2009年初我写下这些文字的时候，我希望奥巴马政府可以最终实现“深度太空气候观测所”的发射——以兑现其对戈尔的承诺，并且期待着这个卫星返回的数据和大型图像可以给我们提供关于地球的实时信息，那将会给整个故事画上美好的句号。但是不管怎么说，我们都因为党派纷争而失去了长达9年的关键数据，这就是政治优于科学这样的决策所带来的后果。

《自然》杂志的一篇社论文章写道：“我们只有一个地球，并且只有一个历史，我们只有一次机会来记录……假如我们现在不去记录，那这样的数据就会永远消失了。”

*

人类直接改变地球气候的想法对于大多数人来说是难以置信的，并且他们的担心有很好的理由。所有的地球工程项目都像是播下一颗火种而后会引起连串的大火。这里所包含的危险是肯定的，巨大的，不可回避的。而我们所想象出来的实施这样的工程所带来的好处则是基于混乱的机制与没有经过证实的理论之上的。让我们去走这样的捷径，简直就是最不负责任的表现，我们跟其他人都是这么说。但是这种讨论的声音正在发生改变，并且有人开始对地球工程进行严肃的思考，这个过程发生得比我们想象得要快，因为有越来越多的现象让我们产生了以下的认识：

第一个认识。我们发现，要建造一个像格里菲思所描绘的那种“可再生能源斯坦”——一个基于低碳的基础设施，需要巨大的投入，会带来巨大的破坏同时还需要很长的时间。我们需要考量这样做将要付出的代价，也就是在未来的25年里，需要兴建3万平方英里的太阳能板，1.5万平方英里的太阳能光热收集器，150万平方英里的藻类繁殖场（以生产生物燃料），260万个风力发电机组（这些机器将会占据将近10万平方英里的面积），2.74万个地热发电的涡轮机，3900个一吉瓦容量的核反应堆——这还没有算关闭所有的煤炭、石油和天然气基础设施所需的成本以及因此带来的破坏，另外我们还需要一整个大陆的面积来安装这些硬件设备。

（在我写上面这段话的当天，我收到了加州土生作物协会发来的一份通讯，强烈呼吁其会员采取行动，去阻止州政府在南部新建太阳能发电项目，因为这个项目将会占据1000平方英里的原生沙漠，该通讯指出：“这个项目对于沙漠地区的罕见植物、作物、动物以及沙漠

本身的景观，都会造成极大的影响，并且影响范围尚且不可估计……在工程期间，太阳能板的部署可以实际上摧毁沙漠本身的面貌，并且，当地的动植物也不会幸免。”）

第二个认识。我们将会痛苦、缓慢地发现，缓解气候变暖的做法并不会成功。变化正在到来，目前我们所能想象得到的降低温室气体排放的一些做法都不能使得大气中的二氧化碳浓度下降到450ppm以下的水准，甚至是550ppm乃至650ppm也做不到。而随着我们对650ppm所意味着的危害的信息知晓得越多，就会有越来越多的人疯狂地去寻找一些替代性的路子。

第三个认识。人们的想法会因为某些事件而发生改变，虽然有时候需要多个连续的事件才能促成这样的改变。人们没有将发生在达尔富尔的战争看成是因为干旱所导致的资源争夺战。2003年发生在欧洲的因为热浪侵袭而有3.5万人死亡的事件，只是被当成是一个异常事件，而不是被当成一个窗口，透过它可以看到未来。但是，更多这样的事件将会陆续发生。2008年给缅甸带来正面袭击的“纳尔吉斯”台风，造成了15万人死亡，是历史上危害程度排第7的台风；假如再有一个因为气候变化而发生的台风，并且在离缅甸西部稍远一些的地方出现的话，将会淹没整个孟加拉。而当青藏高原冰川融化之后，下游那些依靠高原冰川溶水的国家将会因为争夺水源而与上游地区的国家发生战争。越南、柬埔寨、泰国、老挝以及缅甸将会联合起来与中国进行战争（或者是它们彼此之间发生战争），去争夺湄公河越来越少的水源。持有核武器的印度有可能会切断印度河对同样持有核武器的巴基斯坦的水源供应，而巴基斯坦显然会以核武器相报。气候变化将会直接杀死一些人，而大多数人则会因为其他人在气候变化面前产生的绝望而不幸死去。当那样的情景发生时，就会有人呼吁采取马上可以见效的行动来进行干预。

第四个认识。来自第一线的气候学家的信息将会变得越来越严峻。当有某种正反馈现象发生的时候，例如由于永久冰川融化而释放出大量的甲烷，并且这样的现象是悄然间发生时，就会诱发公众危机感。与1950年相比，极地地区的温度已经上升了4摄氏度。这样突然发生并且加速进行的现象就需要人们马上采取果断的行动来应对。

第五个认识。地球工程项目，虽然本身耗资巨大，但是比起兴建一个“可持续能源斯坦”，这样做的成本将会是后者的几百分之一或者几千分之一，并且有些地球工程项目还可以马上看到成效，而不需等待几十年。一旦气候状况变得严峻并且紧急，地球工程项目将不再是“有可能但非常危险”，而是“有危险，但我们没有其他选择”。实际上地球工程的成本并不是太高，单独一个国家或者某个富人都可以做这样一个工程，并且影响到地球上每一个人。（已经有越来越多的研讨会在探讨多方联合进行地球工程之可能性了。）

*

上面所列举的任何一个认识都足以让我们担心了，加在一起就简直是让人喘不过气来。不久后，地球工程的项目将会成为抢手货，但是具体应该如何操作呢？这是2009年我们可以看到的一些实施方案，这里是按方案有可能被实施的程度来排序，从高到低依次是：往平流层灌注硫酸盐使地球变暗；海洋增雾以增强大气反照率；向海洋施铁肥，促进海洋浮游植物生长，使之增加固碳的能力；在海洋中放置垂直的管子；将农业废物转化为生物炭；大规模大气碳捕获以及在太空中放置反射镜帮助地球降温。很显然会有更多的提案浮现，并且应当如此。但这里我就只分析这几种办法，希望通过这个分析可以让大家看到工程师的创造力、这些项目本身的巨大规模，以及采取地球工程可能会带来的危害。

往平流层灌注硫酸盐是大多数气候学家的第一选择，因为这个方法已经被证实是行之有效的。1991年，菲律宾的皮纳图博火山爆炸性

喷发，释放出2000万吨的二氧化硫，并且这些气体上升到了20英里高的平流层，在那里被氧化成硫化物小液滴，而这些转化后的硫化物可以吸收和反射太阳光。第二年，整个地球都因此降温0.5摄氏度。而北冰洋地区的冰块也因此完全冻结，于是那些出生于1992年的、体型更大并且非常健康的北极熊就被称作皮纳图博北极熊。

1998年，在美国阿斯彭举行的一次气候大会上，一位名叫洛厄尔·伍德（Lowell Wood）的太空武器专家（以及微反应器设计师）做了一个颇具挑衅性的关于往平流层投放硫化物的演讲。气候模型分析师肯·卡尔代拉（Ken Caldeira）被惹怒了，他决心要证明这样的方法是行不通的。结果模型分析显示，洛厄尔的方法是可行的，并且只会产生非常小的副作用。于是，卡尔代拉就转而支持地球工程并且与洛厄尔·伍德一起联合撰写论文。2006年，保罗·克鲁岑在《气候变化》杂志上发表了一篇文章，该文章则预示着科学家在地球工程这个议题方面的意见开始发生重大转折。他说，他认为国际上在降低二氧化碳气体排放方面的努力“让人非常失望”，因此我们必须探讨一些诸如“通过往平流层注射硫化物来增强大气反照率”的后备方案。他写道：

> 假如我们不能大幅度地降低大气当中的温室气体浓度，而与此同时地表温度依然加速上升的话，那么像前面所提到的那样的气候工程是唯一可以快速地抑制气温上升，并且避免气候灾害的办法。这样的干预可以随时叫停，假如我们观察得到任何不如意或者是未曾预料到的副作用的话，而这样的做法可以使得大气恢复到几年前的状态……因为在技术上我们已经可以实现往平流层注射硫化物的操作，并且这将会是我们应对气温不断上升的一个迂回策略，反照率调整的工程可以在较短的时期内就产生效果，例如，假如全球范围内气温上升了2摄氏度或者是平均每10年大气温度上升幅度高于0.2摄氏度的时候就可以采取这样的工程。

往平流层注射硫化物的办法包括：用飞机进行投放，用大炮进行发送，用热气球悬挂着的水龙头来发射。只需要100万到200万吨的硫化物即可让地球温度保持不变，即使温室气体排放的强度增加到原先的两倍也没有问题。就如肯·卡尔代拉所说：“假如我们可以每秒往大气平流层中注入5加仑的硫化物颗粒，那么就可以使得地球在未来50年内免于暖化。假如我们投放两倍的硫化物颗粒上去的话，未来100年都不用担心气候变暖问题了。”这里给大家一个参考吧。现在人类每年向低层大气中释放的二氧化硫污染物就已经达到一亿吨了，相当于5座皮纳图博火山爆发所释放的硫含量，而这些硫化物可以使得地球降温2~3摄氏度。而科学家预估每年向平流层投放硫化物所需的成本是10亿美元，考虑到其可以产生的影响，我们会感叹：这一数字其实相当的小。

卡尔代拉和他的同事说，要测试这一技术的话，可以去北极，在那里进行一个局部测试。只需使用不多的硫化物，而后将其注射到平流层，使得其在平流层仅仅停留一年。只有极少数人生活在北极，并且那里比其他地区更需要冷却。而这一工程的成效可以直接从冰层的变化（以及北极熊幼崽）的变化看得出，而结冻的冰层则会加速冷却过程，因为冰块可以反射太阳光照。《自然》杂志的编辑奥利弗·莫顿说：“这是多个地球工程的办法中带来影响最小的一种办法了。”

*

如果说到可以随时关闭的话，更为吸引人的是造云船的概念。1990年，大气物理学家约翰·莱瑟姆（John Latham）想到一个主意，就是往覆盖海洋1/3面积的层积云里注射液态的水滴，以此增加地球的反照率，而这些液态水滴可以来自经过雾化的海水。工程师斯蒂芬·索尔特（Stephen Salter）已经设计出一艘船专门来实现这个目标。那样一艘船将会是无人驾驶的浮筒船，长150英里，通过卫星来控制，通过塔状的旋筒式风力使得它可以顺风行驶。（那艘船是非常帅

的。）而船底下的涡轮将会提供能量，以每分钟500加仑的速度发射出微米大小的海水液滴。莱瑟姆和索尔特估计，假如我们可以修建1500艘这样的船，其总造价为30亿美元，这将会给海洋表面的云层带来充足的亮度，即使空气中二氧化碳的浓度是现在的两倍也可以抵消掉。洛夫洛克对此的评价是：“因为跟往太空洒气雾剂的方法相比，这一办法可能产生的副作用少得多，因此人们会在很大范围内去进行试验，以衡量其价值。”

*

迄今为止，最为富于争议性的地球工程方案是给海洋里那些可以吸收碳的海藻（亦称浮游植物，硅藻或颗石藻）施加铁肥的方案。有相当大的海洋表面是没有浮游植物的，多年来人们并不知道为何会是这样子，直到生物化学家约翰·马丁于1990年提出一个观点：海洋里是否有大量浮游植物跟是否有从陆地漂来铁粉有关。已经有10多个实验证实了这一猜测是正确的：假如人们往海里施加铁肥的话，是可以使得浮游植物大量繁殖的。问题是，那些被浮游植物所吸收的碳是沉到海底还是仅仅在海洋表面的食物网中发生循环并且最终重新以二氧化碳的形式回归到大气当中？假如碳是被海藻吸收并且沉入1600英尺的深海，那么这些碳至少在未来100年里都不会返回大气；而假如它们得以沉入海底，那么未来数千年内这些碳都不会重新释放出来。在之前几次冰河时期里，因为有很多铁粉被吹到海洋，使得有1000亿吨的碳被封存在海底。

2004年，德国海洋学家维克托·斯梅塔切克（Victor Smetacek）带领一支50人的探险队到南非和南极洲地区进行给海水施加铁肥的实验。实验前的一个月，他们往海水里倾倒了3吨的铁。他们发现有非常大量的死去的海藻沉到了离海水的表面数百英里的海底，但是科学家缺乏仪器去对深海做深入研究。2009年初，斯梅塔切克率领另一支队伍（这次就包括了来自印度国家海洋研究所的科学家），前往南极附

近海洋，准备去研究投放20吨铁之后海藻大量繁殖带来的变化。《科学》杂志报道说：

> 新的实验将会探索这些大量繁殖的海藻到底意味着什么，以及它们是否也能成为大气二氧化碳的吸收器。有很多问题科学家还搞不懂，包括为什么有些大量繁殖的海藻会如此快地沉入海底，它们当中有多少是被微生物和其他海洋生物消化掉以及在什么地区浮游生物可以最大限度地进行碳封存。

ETC，加拿大的一个非转基因的组织，对此提出了强烈的抗议。他们引述南非生物安全中心一位律师的话说：“我们不认为我们的国家应当支持或者宽容这样的破坏了国际协议的地球工程。我们早些时候已经向环保部提出，要命令那些船只返回港口，并且卸载船上的铁。”这里提到的国际协议，是指联合国生物多样性大会于2008年通过的一项协议（是在ETC及其他组织的推动下获得通过的），该协议呼吁停止给海洋施加铁肥，直到“有足够的科学论证来支持这一行动”。也就是说，ETC及其他环保组织干扰斯梅塔切克领导的科学研究要传递的信息是：“你们必须要有足够的科学证据说明施铁肥的可行性，但我们要阻止你去收集这样的证据。”

布什政府也是基于类似的理由阻挠关于气候变化的研究——他们担心研究的结果可能不利于某种意识形态的立场。包括那些否认气候变化的人以及ETC本身在内，他们都没有想到，这些研究也有可能给他们带来好处。不过他们是宁可相信自己的判断而不去了解事实。环保人士从来都不应该有任何的理由去阻止科学家关于环境议题的研究。

*

洛夫洛克和克里斯·拉普雷（Chris Rapley，英国南极探究协会前主任，现在是伦敦科学博物馆的馆长）曾提出过另外一个不像施铁

肥那么具有争议性但可以达到类似效果的方案：就是由一系列的垂直的管子从海底抽取低温但富含养料的海水到海洋表面，为海表生物提供养料。重点是打破分层后的海水的温跃层，并且将养料带到太阳照得到的地方，实际上就是在局部模拟能够为海洋带来最大生物多样性和产量的海洋上升流。洛夫洛克及拉普雷在他们给《自然》杂志写的一篇论文中写道："通过100到200米长、直径10米的管子，并且靠近底部的地方装有单向的阀瓣，使得可以借助洋流来将底层的水抽到海面，这样可以使得海表的海水富含营养利于海藻的生存和繁殖。这样就可以降低二氧化碳浓度并且产生二甲基硫化物，后者正是组成可以反射太阳光的云层的晶核的前身。"当海浪为3英尺高时，就可以把4吨的冷海水抽到海面，而且只需要利用海洋自身的能量来完成。被带到海表的冷海水不仅可以增加海表的生物多样性，而且还能保护那些因为海洋变暖而受到影响的珊瑚礁，并能减少飓风的发生，特别是在类似墨西哥湾那样的地区，因为冷海水可以避免温度过高的海水使得本来只是三级的飓风演变成类似卡特里那那样的五级飓风。

《地理研究通信》杂志曾于2008年的时候报道说，过去9年，气候变暖已经使得海洋面积出现了15%的荒芜地带，主要是因为海水变热而分层。那些干涸的海表地区也会因此更难聚集到云层，因为那里缺乏本来可以由海水中的生命提供的成云晶核。假如你画出一张海洋叶绿素分布图，以及一张海洋云层分布图，你会看到巨大的海洋沙漠，宽达1000英里，从拉丁美洲沿着南回归线往西边延伸5000英里的区域都已经变成了海洋沙漠。在这些海洋沙漠里，缺乏生命，没有云层，但是有过分充足的太阳光照，使得海水分层变得更为严重。这就产生了双重正反馈——就跟极地冰川融化与热带雨林消失同时发生一样——海洋沙漠正在吸收更多的太阳光，但只有更少的植物来完成固碳的功能。

*

另外就是生物炭的方案。这种材料是如此神奇，以至于我怀疑它是否可以大规模应用。詹姆斯·洛夫洛克相信是可以的。他引用康奈尔大学土壤科学家约翰尼斯·莱曼（Johannes Lehmann）发表于《自然》杂志的文章说，比起种树，生物炭更能达到固碳的目的（生物炭是可以燃烧的），它还可以帮助农民转向免耕农业（生物固碳获得的收益在20年后将趋于饱和），或者是利用地质储存点来存储二氧化碳（但是它们也会泄漏）。莱曼写道："一旦生物炭被吸收进入泥土之后，很难想象会发生什么事件使得那些被封存起来的碳跑出来。"

2009年，洛夫洛克接受《新科学家》杂志采访的时候提到需要什么样的条件，生物炭技术才能获得大规模的应用以及这本身意味着什么：

> 我们有一个办法可以拯救人类，那就是把大量的焦炭埋到地底。也就是说，农民要把所有的农事耕作所产生的废物——这些东西包含了植物夏季所吸收的碳——转变为不可生物降解的焦炭，并且埋到地下。这样做的话就可以将大量的二氧化碳排除到大气系统之外并且使得大气中二氧化碳浓度大大降低。植物所吸收的碳当中有99%都会因为细菌、线虫或蚯蚓的作用而重新排放到大气。我们可以做的是，让农民将农作物废料埋在氧气比较少的泥土层里，从而诱导这些消费者到那里将其转化为生物炭，农民就可以将这些生物炭犁到田地上，这个过程会释放出一点点的二氧化碳，但是大部分都会转化为炭。而农民则可以通过这个过程获得一部分的生物燃油，并且还可以拿出去卖。这样的方案不需要补贴，农民自己就能赚得利润。

整个地球范围内可以转化为生物炭的木材以及作物残渣的总数量是相当可观的。数千年前生活在亚马孙地区的印第安人所发明的亚马孙黑土现在可以用来帮助我们解决气候变暖的问题，这是多么有意义的事情。

*

已经有环境工程师在利用人工合成的方式将空气中的碳固化下来的做法，那就是哥伦比亚大学的克劳斯·拉克纳（Klaus Lackner），他提出了种植“人工树”的方案，这样一种树可以比天然的树吸收多1000倍的碳。位于亚利桑那州图森市的全球研究技术研究所（Global Research Technologies）的阿兰·赖特（Allen Wright）和伯特·赖特（Burt Wright）已经研发出一个可以用的产品原型了。碳酸钠会直接通过一种专利塑料被灌入树里，该液体将与二氧化碳发生反应而生成小苏打。通过电解，可以将二氧化碳从小苏打中分离出来，并且可以将碳酸钠回收利用。阿兰·赖特指出，一个像集装箱那么大的抽取机就可以以每吨30美元的成本吸收一吨二氧化碳，而该抽取机的能量将会来自非化石燃料。

那收集起来的这些碳可以拿来干什么呢？因为那是一种可以用于工业应用的化学品（可以用于绿化、园林、强化油田、食品处理以及运输、水处理、泡沫制造、干冰制造等），该研究所还建议可以直接在现场收集二氧化碳用于销售。另外也有关于“矿物封存”的想法，也就是通过加热或者增加酸性的办法，让二氧化碳与带蛇纹石或橄榄岩的岩石发生反应，形成极其稳定的碳酸镁。拉克纳说：“大自然最后也是这么做的，我们的目标是将原本经过一万年才发生的过程缩短在30分钟内完成。”

*

1986年，我第一次从詹姆斯·洛夫洛克那里听说直接在太空放置太阳镜的想法，那时候这个想法让我既惊讶又激动。而今天这样的方案则是一个严肃的提案，而可以放置这样一个太阳镜的最妙的地方就是由戈尔所选的准备发射“深度太空气候观测所”（DSCOVR卫星）的那个点，也就是L-1点，因为那个点所受到的地球引力和太阳引力是均等的。（戈尔不喜欢在那里放置太阳镜的想法。当我跟他提起这个主

意的时候，他说："好吧，布兰德，你要让我们拿整个地球来做实验？"）

已经有好几个计划正在进行了，被讨论得最多的是来自罗杰·安杰尔（Roger Angel）的计划，他是亚利桑那大学的一位宇宙学家，因太空望远镜镜像方面的研究而闻名。他提出的方案《关于发射小型太空飞船集群到拉格朗日点以实现地球降温的可行性报告》[*Feasibility of Cooling the Earth with a Cloud of Small Spacecraft Near the Inner Lagrange Point (L1)*]，这篇文章发表在2006年的《美国国家科学院院刊》上。要抵消1.8%到达地球的太阳光（这将使得即使大气中的二氧化碳含量增加一倍也不会发生变暖），安杰尔计划把16万亿个两英尺大小的碟片发射到8000英里宽、6万英里长的云层上，而这个云层要正好处于地球和太阳的中间。这些碟片每个平均重一克，"它们通过调节太阳能辐射压力飘在空中，而无须消耗推进剂"。（也就是说，这些碟片将会像人们依靠风力驾驶帆船那样依靠太阳带来的"风"来停留在太空。）

而要把这2000万吨的碟片发射到拉格朗日点，安杰尔建议可以用电磁轨道炮来发射，用离子驱动火箭来搭载。《新科学家》杂志报道："安杰尔计算过，假如我们拥有20台电磁轨道炮，每台高3000米，夜以继日不停地工作，在接下来10年时间里每5分钟发射一捆碟片的话，就可以发射足够的微型卫星碟片到太空，并且可以成功阻挡1.8%的太阳光照来到地球。而这一项目的成本将会是数万亿美元。"（安杰尔以这样的话总结了他的论文："太空太阳镜项目所需要的科技创新的规模和经济投入，假如是投放到可再生能源领域的话，肯定可以产生更好和更为持久的效果。"）

*

都是让人激动的工程啊！人们对这些工程的第一反应是："这是多么危险而且疯狂的想法！"而后是："多么伟大而且让人激动的想

法！”接着是：“这是多么容易而且便宜啊！”最后又回道：“多么危险而且疯狂啊！”但是，假如人们认真考虑这些方案并且询问“我们有多大需要”时将发生什么呢？2008年底，英国的《独立报》对80位气候学家进行了关于地球工程的调查。其中一半的人说，因为气候变化正在变得越来越严重，我们必须要有地球工程作为后备方案，另外有35%的人认为这样的方案会使得人们分心，而不去努力完成降低温室气体排放的重要任务。（另外有11%的受访科学家没有表态。）

目前的第一要务就是做一些大规模的实验。这些项目需要从理念上的设计转向操作层面的设计——需要从科学家转为工程师——并且需要有投资加入。“现在我们更多的是听到人们在说而不是在做具体的事情。”这是肯·卡尔代拉在接受《科学美国人》采访的时候说的，“很多研究还只是处于业余水准。”而环境科学家托马斯·霍默－狄克逊（Thomas Homer-Dixon）和戴维·基思（David Keith）在为《纽约时报》写的一篇文章里提到，地球工程“是一个充满忌讳的议题，以至于政府基本上没有为此划拨研究经费”。他们呼吁我们要针对不同的调试地球的技术，从一些实际的测试开始测试，文章最后总结说：“最重要的是，要让科学家、环保人士以及那些对气候变暖持怀疑观点的人看到我们目前关于地球工程的很多争论其实可以不必是非此即彼——也就是说，要么是大规模地做，要么什么都不做。”

那我们就应当对我们现有的方案进行试验，并且不断寻找新的方案。例如，有人提出了利用激光对二氧化碳分子进行电离的方案，从而使得二氧化碳可以经过地球磁场的作用而从两极地区弹出去。假如我理解了这个方案的话，我会在这里描述出来，可是我还不理解。另外，有一个更为容易理解的方案是一个全称为“作物残留物海洋永久封存”的方案（简称CROPS），该方案于2009年提出，根据这个方案的提出者生物修复专家斯图尔特·斯特兰特（Stuart Strand）和物理学家格雷戈里·本福德（Gregory Benford）的说法，假如我们将美国30%的农作物残留物捆绑起来沉入海底的话，每年将可以吸收和封存地

球大气中增加出来的二氧化碳的15%。我喜欢他们所采用的判断这一方案是否可行的那套标准。《科学日报》对此有个概括：“这一方案必须要解决如何将亿吨的碳转移，对碳进行封存，使之在未来数千年内都会固化，在未来几百年里都可以不断地实践，并且利用现有的技术马上可以开始实施，不会带来不可接受的环境破坏，并且成本不至于太高。只有符合这些标准，这个方案才是可行的。”

*

那么我们现有的一些观念何以经得起批评呢？奥利弗·莫顿在《自然》杂志的一篇文章上写道：“地球工程也许可以说是宽容了我们这个社会对化石石油的依赖。就好比说，一个瘾君子，他想出新的办法，从他的孩子那里偷钱来过日子。”这是德国美因茨马克斯普朗克研究所的大气科学家美因拉特·安德烈埃（Meinrat Andreae）说的。他还引用了麻省理工学院的气候学家罗纳德·普林（Ronald Prinn）的说法：“你怎么能去给一个你还不能理解其机制的系统工作？”莫顿的回答是，“我们就需要在实施这些工程的时候保证我们足够小心并保证所有的步骤都可以逆转。”

关于向平流层注射硫化物，有两点主要的顾虑。（海洋造云船和太空反光镜也有同样的顾虑。）假如我们可以有效地降低到达地球的太阳光照的话，可以降低我们减少碳排放量的压力，但是如此一种短期的获益是会带来长期的惩罚的。人类也会不得不一直维持这种减少太阳光照的状态，因为假如这个工程一旦停止，那么重新投射到地球的全部太阳光将会再次让地球大气层的二氧化碳浓度升高，并且会让地球气温产生灾难性的跳跃。有一位气候学家称这将会是一个达摩克利斯（Damocles）世界。

更进一步讲，海水的酸性会继续增强，而且这还会使得海洋固碳的能力降低。但也许在这一话题上我们可以看到一线曙光。英国南安普敦国家海洋研究中心的德博拉·伊格莱西亚斯－罗德里格斯

（Débora Iglesias-Rodríguez）发现，有一种数量相当庞大的海洋浮游植物是喜欢酸性海水的，那是一种赫氏颗石藻（很多人简称之为Ehux，并且它还有自己的主页）。Ehux不仅可以在酸性的水里存活，并且其钙化程度也会随着其酸性而增大。当大气和海洋里的酸性增强的时候，Ehux就可以附着更多的碳并且使得自己下沉。不仅如此，当Ehux大规模繁殖的时候——甚至在太空中也能看到它们的影子——可以增强海水的反射率。这些海藻本身是淡色的，而它们做的第一件事就是释放出二甲基硫颗粒，使得那一片地区可以生成云雾。因此Ehux可以在三个层面帮助我们解决气候变化的问题：它是一个纯自然的负反馈过程，而这个过程本身可以对地球气候进行调节。随着地球温度升高，Ehux就会涵养更多的碳，同时增强海水表面的反照率，并且帮助地球降温。让我们给这一植物一个嘉奖吧。（而一旦海水表面分层，Ehux也会像其他生物一样饥饿而死。）

包括生物炭、海洋施铁和空气捕获这几种固碳技术，都只会带来极少的危害并且可以帮助我们走向一个更为稳定和可管理的大气二氧化碳浓度。但是这几种方法在速度上都是太慢了。降低碳排放量也是如此，并且基本上是不可能的事情。洛夫洛克说：“地球根据相应二氧化碳浓度变化而做出反应，需要100年以上的时间。”

要使得地球降温，我们将不得不通过一些激进的方式来应对照射到地球的太阳光——要么是使之变暗，要么是使之反射回去。

*

但这还有一个更大的问题。假如从技术上来讲，地球工程已经是完全没有问题的，那么政治上是否可行呢？谁来决定是否开展这样的行动？谁来部署这些工程并且在不同的实施方案之间取得平衡？由谁来埋单？由谁来负责？对于因此受到损害的人们，由谁来补偿？由谁来确定合理的补偿标准？对地球工程负责，是否意味着同时也要对气候难民负责？

要管理负面的东西是很容易的。但没有人能够直接为地球变暖负责，因为每个人都是在不经意中带来了这样的后果。但地球工程则是人们根据主观意愿，在获得授权的情况下去实施的。所有因为地球工程而产生，或没有产生，或连带发生，或被认为因为地球工程而发生的事情，都是由人操控的。地球气候依然会继续发生变化，就像它在没有人为干预的时候一样。要改变地球气候，并且是要以我们希望看到的方式去改变，就需要有一种全球管治，而那样的管治迄今还没有出现。

戴维·维克托是对这一议题有过基于现实的思考的一位斯坦福大学的法学教授，他是气候变化方面的法律专家。他于2008年为《牛津经济政策评论》杂志写了一篇文章《关于地球工程的管治》（*On the Regulation of Geoengineering*），这里我将主要引述这篇论文的内容。维克托写道，人们以为，我们需要的是一个类似于蒙特利尔协议那样具有法律约束力的条约。但维克托认为，大多数关于地球工程的条约都会是没有用的，甚至是有害的，因为现在的政府和专家都还不清楚地球工程要达到的规模以及可能会带来的危险，如果我们不了解这些就不能够去谈什么协议。他特别担心有些协议可能会让地球工程成为忌讳，因为一旦是这样的话，那些最有可能去做负责任的测试、评估以及地球工程的实施的国家将会遇到极大的阻碍。而这些协议则有可能让那些没有那么负责任的国家和个人——他们是最有可能无视国际法则的——控制这一技术的命运。

因为有些地球工程所需的成本非常低，维克托预料说：“一个单独的环保斗士，或者是自命的地球卫士，加上盖茨银行账户很少一部分的钱，就足以实施一个地球工程项目了。”而要阻止单方面的地球工程行动或者是未成熟的条约，维克托的建议是，舍弃所谓规则，而跟随逐渐出现得越来越多的范式：

> 因为有意义的范式不是空口说出来的。假如这些方案对于核心的相关方有意义，那就是有效果的方案，而后我们再通过实践来巩固。通过严谨的研究和评估的过程，可以找到好的范式，而这些研究最好是由那些具备地球工程能力的国家里的科学家来组织。
>
> 最有可能发生的是，在我们真正去实施地球工程的时候，气候变暖已经发展到了一个难以容忍的地步，因而我们反而会容忍地球工程所带来的一些副作用。地球工程所部署的系统不会是单独一剂包治百病的良药，而是多种干预措施同时视情况而施行，其中一个是干预我们所要医治的大病，其他的则是用于修复可能产生的附带伤害。

在我看来，假如你是一位致力于在环保方面进行创业的人士，那么一个有用的方向是马上开始关于地球工程的研究，而不是像美国国家科学院的科学家那样花费多年时间只是用来探讨下一步该怎么走。由私人资助的研究者将可以提交实际的数据到一个“跨国审议程序”，在此过程当中我们将会知道什么是值得推广的行动方式和最佳实践。我们说的正是一个全球范围内的改造行动，其过程必须是完全透明并且具备高度参与性的。每个人的第一选择是不去做这样的事情，但假如我们不得不这么做，就应当要在最有效并且最小范围内实施这一方案，并且假如可以的话，只是控制在一定的时间范围内做这个事情。和堕胎一样，地球工程应当是“安全、合法并且罕见”才对。

但还有一个问题，就是由谁来主导这些事情，就像戴维·维克托所说的：“该允许谁去控制恒温器呢？”这一任务可以由执行方与监控方双方协力完成。我们所经历的前一个全球范围内的行动就是发生在20世纪70年代的消除天花的行动，当时世界卫生组织提供了监管及费用上的支持，而由戴维·亨德森（David Henderson）所领导的消除天花行动组则负责具体的执行。

在维克托看来，实施地球工程所需的范例与领导力将会随着越来越多围绕这个话题的会议、研究计划、数据分享以及脑力激荡而产生。在早期能够以最有效的方式来实现这些工程的团体将会决定这个游戏的玩法，而资金充裕与否则会决定这个游戏的速度。地球工程是一个政府层面的工程，需要政府才能拿得出的资金。我估计，只要有一个国家投入进来，其他国家也会跟进，因为他们会担心自己被甩在后头。假如中国说："我们要做地球工程的项目。"那么美国、俄罗斯、欧盟、日本、巴西以及印度都不会说："好吧，你去做吧，告诉我们结果是怎么样的。"这些国家都会做自己的地球工程项目。假如我们幸运的话，一个临时性的标准制定的机构[像互联网工程任务组（Internet Engineering Task Force）那样的机构，其遵循的原则是"大致共识、运行代码"]也许会出现。那样的一种管制是需要的，只有那样我们才能有一个通用的互联网。而要让地球人拥有一个一致的气候，我们也需要有类似的机构。

*

我们可以先增加我们在太阳系系统工程方面的投入，来获得更多关于如何改造地球系统的实践经验。地球人现在已经有能力，但是还没有意愿，去阻止小行星和彗星的撞击。而宇航员鲁斯蒂·施韦卡特则是这方面的先锋。（他的经历使得他在轨道动力学上比其他人更为认真。1969年的阿波罗9号太空任务就是完全在地球轨道上进行的，他当时操控着登月舱飞离控制舱111英里。因为机器假如要返回大气层的话，就会燃烧，使得他不得不重新飞向控制舱并且与之对接，否则他就会死去。）

施韦卡特认为，21世纪我们遇上一次不可接受的小行星撞击地球的概率为20%，而假如我们是看长期的话，将会是100%的可能。一颗直径超过1000米的小行星撞击地球所带来的冲击将会导致数十亿人死亡，并且会强烈地破坏地球气候和生物圈。截至2008年底，美国航空

航天局已经监测到有742个这样大小的近地物体。在夏威夷和智利的新型超强太空望远镜将会监测到2.1万至4万颗直径大于460英尺的近地小行星，它们都有可能会给地球带来相当严重的破坏。（1908年，在西伯利亚的通古斯地区造成800平方英里荒芜地带的那颗小行星直径才160英尺。）不久之后，将会有数十颗小行星被列为对地球有直接威胁的对象，那时候我们就需要采取一些直接的行动了。

那么，如何改变一颗小行星的轨迹，使之不会撞击地球呢？施韦卡特给出了现行的办法：

> 假如你知道某个撞击事件即将发生的话，那就已经太晚了，几乎不能做什么来干预。你必须在这一事件依然只是某个概率的时候就采取行动。要改变一颗可能会带来致命冲击的小行星的轨迹，只需相对来说不是太昂贵的三个步骤，但需要在那个可能发生的撞击发生之前的15~20年之前开始：
>
> 1. 在一个足够大并且其轨迹可能会与地球相撞的近地天体旁边放置一个转发器。这个转发器可以跟踪该物体，以获得详细的信息帮助科学家决定下一步该做什么。假如返回的数据显示二者相撞是可能的（也就是大于1/20的概率），那么就开始步骤2。
>
> 2. 让小行星之轨迹发生偏转，我们要做的第一步是靠动力完成的——我们需要发射一艘太空船追在小行星的后面，二者相撞产生的影响将刚好可以使得小行星不至于进入地球的轨迹。但是那样依然会使得小行星有机会穿过其中的一些“锁孔”并在其后期的运行轨道上与地球发生冲撞。要改变这一点，我们还需要第3步。
>
> 3. 借助一个“重力牵引机”，改变小行星的轨迹，使得它既不会穿过“锁孔”，也不会与地球的轨迹发生冲撞。而改变的速度是每小时改变百万分之一到百万分之十英里。这样做就可以使得我们可以在相对长的一个时期内避免与该小行星相撞。

[因为小行星是会滚动的，因此不能直接推它们。2005年，宇航员爱德华·卢（Edward Lu）以及斯坦利·洛夫（Stanley Love）设计出一个“重力牵引机”，其实就是一个飘游在小行星周围的一艘太空船，它与小行星相互吸引，并且朝着一个我们所期望的方向运动，与此同时小行星也会受到吸引而跟随着一起漂移。]

施韦卡特说，小行星偏离工程就有点儿像地球工程，只是前者“更为简单，我们对其所涉及的知识了解更多，并且成本更低”。就跟气候问题一样，都是因为我们遇到全球性的问题并且有了全球性的共识才会采取全球性的行动。“但是这里缺少了一个致命的关键，也就是地球上没有一个机构是致力于保护地球免于近地天体的撞击。”而为了解决这个问题，施韦卡特召集了“太空探索者协会”（这是他发起的一个由宇航员与航天员组成的组织）的成员，于2009年起草了《近地天体偏离工程草案》（*Draft NEO deflection protoco*），并且提交到联合国和平使用外太空委员会进行审议。

该草案提议联合国组建一个由三个组成部分构成的决策机构：分别负责管理小行星数据、负责设计小行星偏离方案以及负责监督。而执行则由目前已经具备航天能力的一个或多个国家（包括俄罗斯、美国、欧洲航天局、日本、中国、英国以及印度）来负责。为了验证整体的思路并推进这个进程，施韦卡特和他的合作者们已经在游说美国国会以及美国航空航天局，“在2015年之前，开展一次专门的太空任务，以可控的方式，改变某一颗小行星的轨道”。

与其他所有的重大工程一样，很有必要去考量一旦项目成功会带来什么。假如这个项目真的成功了，会发生什么？施韦卡特说：“这将会带来一个长远的后果。地球在过去的45亿年里一直都在遭受着外星天体的撞击，它们为地球带来了生命也塑造了生命。我们将会结束这一过程。未来将不再会有外星力量塑造地球的生命之树。地球也不再会有新的小行星坑。”

约翰·刘易斯在他写的《火与冰之雨》（*Rain of Fire and Ice*，1996）一书当中写道，小行星可以是胡萝卜也可以是大棒。一旦我们学会了怎么去改变其中一些小行星的轨迹，另外一些小行星也许我们会考虑去开发它们。“我们所知道的最小的金属小行星是Amun3554，它的半径是500米，并且富含价值高达1万亿美元的钴，价值1万亿美元的镍，价值8000亿美元的铁以及7000亿美元的铂金，而假如我们不采取任何行动，Amun3554撞击地球将给生物圈带来800亿吨的冲击，造成数十亿人的死亡并带来数万亿美元的破坏。”（这里我要赶紧补充一点：任何大小的小行星要作为武器都是没有意义的，因为要瞄准实在是太困难了。而气候也不是武器，理由同上。）假如我们现在就开始对小行星进行开发，那么利用那些小行星上获取的金属来为地球创造太阳能，将会是一个很明显的做法。

小行星偏移工程就是这样一个简便而且可以操作的星球级别的项目，它可以作为一个示范，以后更为复杂的气候恢复工程可以由此获得启发。

*

抓住这一世纪吧。我们正在面临着跨越几十年、几代人的问题与解决方案。要取得成功需要努力和耐心——一种持续的脚踏实地的做事情的态度穿越人类的生命线，在气候上、生物学上以及社会动态结构上连接起过去与未来，任何看似显而易见的方法要成为现实也要走过一系列的流程。与此同时，我们需要一种职业看护人那样的危机感。接下来就会谈到该怎么做。

你正站在一个紧锁的房间门前，你估计房间里有人马上要自杀。你会怎么办？

假如你破门而入，也许会发现那只是一个错误的警报。也许那里面根本就没有人，或者是那个人仅仅是在睡觉，他们会对你破门而入

并且让他们蒙羞表示愤怒。也许你会让他们脆弱的情感变得更糟。此外，要破门而入相当不容易。也许你会受伤或者是伤害到你自己。大楼里的其他人也许会阻止你。还有许多责任问题会让你喘不过气。

设想一下房间里的那个人确实是想自杀。那是他的选择。你有什么权力去干涉呢？假如你真的去干预，也许他以后还会再尝试自杀呢。你所做的就不过是延长他们受苦的时间和拖延一个不可避免的事实。另一方面，自杀行为通常是因为冲动和受场景影响的，会因为医疗不平衡或者一连串的坏消息而引发。这也许是一个独特的情景，也许是一个可以有生存机会的危机。

在面临生死抉择的关头，时间是最关键的。能够尽快地到达一个生死垂危的人那里，也许就会带来生与死或生与永久残疾之间的分别。在房间门口，你没有时间跟自己或别人争辩。

你正站在一个紧锁的房间门前，你估计房间里有人马上要自杀。你会怎么办？你要破门而入。

*

要做的事情实在太多了，不管谁来做都是有意义的。假如大公司因为做正确的事情而赚钱，那也是对的。联合国派遣黑色直升机做正确的事情也是对的。捍卫私人物业的保守分子假如他们在做正确的事情，也是对的。举牌的左翼分子去阻止错误的事情，那也是对的。保罗·霍肯所记录的那千万个微型组织在本地做正确的事情，就是一个系统得以自我疗伤的体现。

我非常希望看到整个环保运动（以及其他人）支持我在这本书里提倡的做法，也许那确实会发生。但我的印象是，运动通常不会发生那样的改变。环保运动在1970年的时候因为地球日而团结起来，这样的团结使得整个运动在其后的一二十年时间里发展得很好。随后，优

越性慢慢消失，纸面上的统一更多是带来了问题而不是帮助。假如这场运动现在如细菌那样分为两个或更多的后代，我也不会惊讶。

假如真的是那样的话，就会分为几派：有传统的环保人士，他们对于业已非常成熟的方法和目的会更加坚定；另外会有对创新和风险项目更感兴趣的另外一批环保人士。这批新人将会被冠以“后环保人士”“环保+”“环保2.0”——谁知道呢？这里为了行文的方便，我要给他们一个名字，我就临时创作一个吧。我们把绿色和天空、地球、海洋的蓝色——所有大气里的蓝色都是生命结果——混搭在一起的话，会得到什么呢？就会得到热爱科学和技术的蓝绿混合色的环保人士，我称之为绿松石运动（Turquoise Movement），其组成人员包括绿松石者（英文是Turqs，成员以及他们的朋友会这么称呼他们）和绿松石派（英文是Turqueys，他们的批判者会这么称呼他们）。

传统的环保人士和绿松石运动就可以分担环保运动未完成并且被忽略的事业。假如他们彼此坚持一种持续的相互尊重的辩论，那就可以使得双方都可以给对方提出有用的批评，并且他们也可以知道什么时候可以进行合作，以获得有效的叠加效果。（假如他们双方是自认为分属不同阵营的话，那所有好处都会丧失。）

传统环保人士把城市涂成白色并且扩展公共交通的时候，绿松石运动则努力使城市成为比郊区更好的地方——小孩子可以在整个居民区里（甚至也许是整个高层建筑里）安全地走动，到一流的学校上学。

绿松石运动大力主张微型核反应堆并对核聚变发电展开认真的研究的时候，传统环保人士则努力找到办法，使得风能和太阳能成为可以承载基础电力供应。

传统环保人士努力保证祖先留下来的土地上的地方品种的动植物多样性得以保存，而绿松石运动则通过转基因的办法在此基础上增加

一些高度专一的特性，并且着手研究如何把藻类直接变为好吃的食物。

绿松石运动通过基因工程的办法把死去的栗子树以及已经灭绝的巨型动物复活过来，传统环保人士则恢复种满高草可以吸收碳的草原和泥炭沼泽，还组建大陆规模的野生生物保护带。

为了应对气候变化，传统环保人士对作物残渣进行裂解并为土地带来富于养分的生物炭。而绿松石者则给大气注入硫化物。他们都在寻找更有效的方式，以停止使用任何一种燃烧发电的办法。

传统环保人士崇拜盖娅，而绿松石运动则直接与盖娅谈判。

*

对于我们所有人而言，核心的生存法则应当是如丹尼·希利斯所说的“关于时间的黄金法则”：你感激前人为你做了什么事情（或你希望前人应该为你做什么事情），你就给后人做什么事情吧。这样一想你就知道该做点儿什么了。至于如何做，我们听听一些老手的经验之谈吧：

自然主义者彼得·沃肖（Peter Warshall）说：“不管站在什么立场上，你都要问：我们想要什么？我们爱什么？想象出一个完美（而非实际）的图景，这样你就能非常清楚地看到那个情景并且会充满热情。然后你要问：我们知道些什么？把关于这一场景的所有知识汇合到一起，同时也想象一下关于这个实际的话题以及相关的人和权力关系里，有什么东西是遗漏的。最后，问自己：我们可以接受什么？你不需要对公众说出你的可接受战略，但是你自己必须要把这个想得清清楚楚。”

程序员保罗·格雷厄姆（Paul Graham）说：“你要找到几样东西：1.简单的解决方案；2.被忽视的问题；3.确实需要被解决的问题；4.解决方案越是非正式越好；5.一开始只需要一个很粗略的1.0版本；6.最后就是要快速迭代。”（贫民窟之建立以及布莱德利姐妹消灭外来入侵植物正是通过快速迭代的办法完成的。）

物理学家弗里曼·戴森说：“一个项目要做到可持续，它就需要做到成本非常低，使得它可以成为一个系列里可以不断延续到未来的第一个。而一个不可持续的项目，就是一个成本很高，不经过一些重大的政治争论，不能重复实践的项目。可持续的项目预示着新时代的到来，而不可持续的项目则标志着旧时代的结束。”

大多数的创新都是来自业余爱好者，因为他们可以自由地做激进的东西，还有就是学院里的科学家，因为他们可以自由地追寻自己的好奇心。但这样一来就有一个鸿沟：要把一个激进的想法变成可以在大范围内获得应用的东西是很难的，因为来自商业界与政府的钱往往是保守的，而来自学院内的钱往往只够发现新的东西。要把非常激进的想法变为实际的东西，最佳的资金来源是民间慈善家（甚至基金会也通常是规避风险的）。慈善领域的一位咨询师凯瑟琳·富尔顿（Katherine Fulton）说，10个富人里只有1个是行善的，社会上98%的财富都只是搁在一边没有被利用起来。这么大一笔钱里是否有可能有一部分会在地球发生危机的时候用来解决问题？我想是有可能的。

政府需要获得鼓励，才会把化石燃料的价格提升到不可作为能源的水平。另外，政府也需要开始着手去研究如何应对气候难民的情况了。

*

哲学家阿尔弗雷德·诺斯·怀特海（Alfred North Whitehead）说：“无危险，非未来。”这也许是詹姆斯·洛夫洛克态度之缘起

吧。在他写的书里，他记录了人类文明摧毁自身的种种让人为之悲观的行为，但是，这位90岁的老头在现实生活中却是非常乐观的。《卫报》一位记者问他这是为什么，他说：

> 现在人类就处于与1938~1939年期间非常相似的时期："我们都知道有可怕的事情就要发生，但是我们不知道该怎么办。"一旦"二战"打响之后，"所有人都兴奋起来了，他们喜欢自己可以做的事情，那是一个漫长的假期……所以当我想到即将到来的危机的时候，我就是这么想的。我说的是某种意义——这正是人们所需的"。

从恐惧到绝望的转变正在发生，其结果是完全不清晰的。虽然微生物依然统治着世界，现在，它们可以获得一点点的帮助，以改变大气。相比于细菌，我们所做的显得非常微小，但对于我们自身而言，已经非常巨大。

假如你愿意，我感谢您参与到这一系列行动程当中。不管怎么说，感谢您参与到这个对话中。我还有一个总结：

生态平衡太重要了，不能仅仅靠感情。它需要科学的介入。消极的行动将不能保证天然基础设施的健康。我们需要有工程学的介入。所谓天然与所谓人类是不可分割的。我们都是一种生命。

有关本章节的更新、附带资料以及插图，请见链接http://discipline.longnow.org/。

致谢

杂志编辑通常会促成图书的出版。而正是由于两位新上任的编辑才有了这本书。贾森·庞丁（Jason Pontin）曾和我一起参加过一个高山健身项目，后来他于2004年被聘为《麻省理工科技评论》（*MIT’s Technology Review*）的编辑。而曾长期担任《全球概览》杂志编辑的阿特·克莱纳（Art Kleiner）于2005年从博兹·艾伦·汉密尔顿（Booz Allen Hamilton）那里接手了《战略与商业》（*Strategy+Business*）这本杂志的编辑的角色。通常新上任的编辑都要引入新的作者，而他们两个都邀请我写点儿东西。我给庞丁写了一篇檄文，题为“环境异端论”（*Environmental Heresies*），另外也给克莱纳写了一篇题为“城市星球”（*City Planet*）的文章。这两篇文章引起了人们的兴趣，后来又引起其他媒体的关注，再后来就是有人找我写书，最后就是有了大家看到的这本书。

文学经纪人约翰·布罗克曼则是另外一位推动本书出版的人。从1972年到现在，我写的每一本书都经由他而得以出版。而在这段时间里，他汇集了全球最优秀的一班科学家——作家，他促使这班科学家之间进行思想的交流，并且鼓励他们出书，给他们诱惑。他做的是一个家族商业。他的夫人卡廷卡·马特森（Katinka Matson）和他的儿子马克斯·布罗克曼（Max Brockman）都参与到约翰的出版事业当中。

有以下好友阅读了我的书稿并且提出了修改意见：保罗·斯洛瓦克（Paul Slovak）、约翰·布罗克曼、尼尔斯·吉尔曼、罗伯特·富勒（Robert Fuller）、布赖恩·伊诺（Brian Eno）、凯文·凯利、瑞安·费伦、亚历山大·罗斯（Alexander Rose）、乔治·戴森、詹

姆斯·洛夫洛克、理查德·罗德斯、格威妮丝·克雷文斯、里普·安德森、彼得·施瓦茨、丹尼尔·詹曾、帕梅拉·罗纳德、拉乌尔·亚当查克、若泽·贝尔、彼得·雷文、罗布·卡尔森、鲁斯蒂·施韦卡特。我请了詹姆斯·唐纳利进行了第一轮的审稿，第二轮是请了自由职业者加里·斯提梅令（Gary Stimeling）。而维京出版社的保罗·斯洛瓦克则负责编辑。其他的贡献包括：封面设计，格雷格·库利克（Gregg Kulik）；内页设计，然热·莱加扎（Ginger Legato）；索引，科恩·卡鲁思（Cohen Carruth）；推广，萨利·安妮·麦卡田（Sally Anne McCartin）。而对于英国出版的版本，托比·芒迪（Toby Mundy）是编辑，其他参与其中的有萨拉·卡斯尔曼（Sarah Castleman）、封面设计科拉莉·比克福德－史密斯（Coralie Bickford-Smith）以及协助做推广的弗朗西丝·欧文（Frances Owen）。

在写这本书的时候，我做了几个预测，它们包括：2009年经济危机之后的都市化进程、地球人口峰值、切尔诺贝利国家公园、中国的转基因桦树、艾默里·洛文斯与比约恩·隆伯格后续的言论、经过转基因而得以复活的美洲板栗、经过转基因的生物恢复和生物防治。而正式的，可证伪的一些打赌则放到一个专门的网站：www.longbets.org。您可以在网站上对我的预测进行投票，给予评论或者跟我打赌相反的观点。随着历史的流逝，您也许会发现我错了，或者是对了。也许更有意义的是，您也可以发布您关于历史的预测。

斯图尔特·布兰德

2009年4月

后记

书的后记往往只是给一本书带来一些模糊的色彩，我在这里宣布，我于2009年4月写成的终稿其实是还没有写完的。

你在这个网站（www.sbnotes.com）上所看到的只是我研究的一部分内容。这里的文字活在其来源那里并且还对其他产生影响。这本书不会有脚注，但你在这里可以看到许多关于材料来源的链接，包括一些在书写好之后才出现的材料。你可以顺着这些链接找到原始文献。你可以自己按照我的思路做同样的研究，也许还会得出不一样的结论。我还会继续添加这些注释，以及照片、图表和视频，还有那些通常只会在书的附录那里出现的东西。只要还有流量，我就会维护这一网站。也许所有非虚构性的书都应该有类似这样的网络版让读者方便地找到他们的原始材料。

在后记里该包含些什么呢？我确实在书里提到过，假如确有必要的话，我有可能会改变自己的想法，现在我已经可以向大家讲述几个改变了。当然，自从我的书2009年出版以来，历史已经在往前迈进了，两年间出现了一些新的著作，它们对其中一些话题的阐述比我写得好，我还真希望当初我写书的时候可以读到这些书。

让我们向书中所写的那样从气候开始吧。2009年12月，在哥本哈根召开的联合国气候变化会议遭遇了一系列电邮入侵，受到入侵的是英国东英吉利亚大学的一些气候学家的电子邮箱。否认气候变化的声音再一次占据了公众舆论并且阻止了人们采取行动去减少温室气体的排放。对此我给《纽约时报》写了一篇评论文章，题为“故事的四面性”（*Four Sides to Every Story*），我提出，我们要区分清楚人们

对气候变化的四种观点，有的人是受到意识形态的影响，有的则是基于事实证据做出判断。“否定论者”以及“怀疑论者”他们对于气候变化都有怀疑，但只有那些基于科学而做出判断的“怀疑论者”会根据事实之变化而改变他们的观点。同样，受到意识形态驱动的“末世论者”与基于科学思辨的“警告者”，他们都对气候变化感到惊慌，但是只有“警告者”会对呈现相反观点的证据进行回应。

詹姆斯·洛夫洛克这样一位警告者，也软化了他关于气候变化速度的警告。他被一位“理性的怀疑论者”加思·帕尔特里奇（Garth Paltridge）所写的《气候舞者》（*The Climate Caper*，2009）说服了，该书写到，气候学家已经变得过度政治化了，而发表在《科学》杂志上，一篇由美国国家大气研究中心主任凯文·特伦伯斯（Kevin Trenberth）写的论文则让洛夫洛克得出了这样的结论：“太阳能发电已经开始兴起，但是大多数还是在一些不为人知的地方。海平面上升显示地球的确是像我们所预期的那样在上升，但是地面温度并没有像我们所预期那样上升。”有某些我们还不知道个中机理的事件在减慢地球变暖的速度。

在本书第一章里，我着重指出，有很多我们不知道的因素会触发“突然间”的气候变化，包括正反馈以及让地球到达一个转折点。这里让我再补充几个可以使得气候变暖加速或者减慢的一些因素吧。特伦伯斯（以及洛夫洛克）都对全球能源预算表里的“消失的能源”表示很疑惑。另外就是每年都会有大量不同程度的碳沉降下来。那些“消失的碳”也许是被植物或者是海洋或泥土里的微生物吸收了。我们现在还不清楚，因此我们也不知道该如何促进这一进程，气候学家詹姆斯·詹曾感叹说，我们缺乏关于大气悬浮颗粒的数据，因此我们并不清楚这些悬浮颗粒对“全球变暗”的影响。我们现在还不知道假如云层更厚的话，对于气候变暖是有正反馈还是负反馈，另外，地球暖化而导致大气湿度加大会带来怎样的影响，这个我们也不知道——高程效应方面的研究成果还没有做出来。换句话说，直到21世纪中

叶，气候科学的发展都将会带来各种或让人害怕或让人觉得安心的信息。

正如洛夫洛克2010年5月给我写的电子邮件里所说的：

> 情况变得扑朔迷离了。我们现在还不知道地球暖化的开关什么时候会打开。
>
> 那些消失的能源包括：
>
> 在东亚和南亚大气当中的悬浮颗粒也许是导致全球变冷的一个原因。在《盖娅的报复》一书里，我就谈到了这一点。而云层所造成的影响则难以跟悬浮颗粒所造成的影响区分开来。
>
> 虽说在北极出现大量的生物繁殖好像不太可能，但是也许因为海表冰层融化，更多的水域出现了海藻。
>
> 而大气中湿度的增加，特别是在对流层上部及平流层下部，都有可能对暖化产生大规模的正向影响。不要忘记，平流层当中大部分的水都是来自甲烷氧化。
>
> 哈德利中心的理查德·贝茨昨天就在这里，他带来了好消息，他们所做的巨大的包含盖娅的气候模型已经开始运行了，经过一年的测试之后将会有测试结果出来。
>
> 除了少数几位像理查德·贝茨那样的朋友之外，我因为敢于跟怀疑论者站在一起，因而我的名字在气候学家的圈子里现在已经变得很臭了。真感叹科学家是多么的部落化啊。
>
> 我们由此可以得到的信息是，现在对于政府而言，更不适合去花很多钱去做可再生能源的项目或者实现其他的环保梦想。还是随着时间推移去准备一些明智的适应方案吧。

而关于城市，我要补充的就是两本书，第一本是凯文·凯利所写的《科技想要什么》（*What Technology Wants*，2010），这本书可以

当作《地球的法则》的配套读物。因为凯文·凯利在书中非常清晰地指出，生物爱好者与技术爱好者其实并没有冲突，他们都是一个很长的延续的一部分。他写道："城市是一种技术的产物，并且是我们所创造的最大规模的技术。"人类大量地涌入城市，其原因很简单，因为城市就跟其他的技术一样，为人们提供了更多选择的可能。

另外一本是科学记者弗雷德·皮尔斯所写的《即将到来的人口崩溃：让人惊讶的地球未来》（*The Coming Population Crash: And Our Planet's Surprising Future*，2010），这本书的内容让我大开眼界。他追溯了当年的基于人口控制理论的优生学运动，记录了那些人口越来越少的地区日益失去活力的生活，记录了移民的梦想，非洲的人口增长空间以及整个社会恒久性的老龄化也许会是好消息。

核电方面的新闻是最多的。奥巴马总统关闭了尤卡山的处置库，并且任命一个蓝丝带委员会去谋划一个切实可行的核废料存储政策。其中一个很有趣的代替方案用到了石油和天然气行业开发出来的深钻孔技术。在任何一个核反应堆，你都可以钻出一个3英里深、直径1.5英尺的洞。在基岩这样的深度，水是含大量盐分的，并且不会跟地表的水混合。你可以从钻孔里扔进去用过的燃料棒，可以堆放整整一英里深的燃料棒，而后填上水泥，这就完事了。

奥巴马政府也拨出540亿美元的贷款，用于支持兴建最多10座的核电站，希望以此重新启动美国的核工业。这就意味着政府内部关于核电的争端告一段落。而外围的一些人士，例如戈尔以及艾默里·洛文斯都在反对这件事，但是支持核电的政府官员，例如能源部部长朱棣文和总统科学顾问约翰·霍德伦（John Holdren）显然是胜出了。而民主党的一些领导，例如众议院议长南希·佩洛西（Nancy Pelosi）和能源法案联合撰写人约翰·凯里（John Kerry），也都在新通过的法案里支持核电。而共和党则一直都是持支持核电的立场。

艾默里·洛文斯在我这本书出版的那一天尝试以一个先发制人的方式对我关于核电的章节进行抨击，并且写了一篇长达两万字的文章《关于核电的四个迷思：评斯图尔特·布兰德的〈地球的法则〉以及他的其他文章》（*Four Nuclear Myths: A Commentary on Stewart Brand's Whole Earth Discipline and on Similar Writings*），在grist.org这个网站上有一篇摘要。你可以从洛基山研究所的网站上下载这篇论文。因为当时洛文斯并没有读到这本书的其他部分，他也不知道我有一个网站是专门罗列所有这本书的原始研究出处，所以他的文章是有些漏洞的。他指出，我错误地拼写了一个名字，并且有两处地方用错了科学术语——这些在这个版本的书里已经改正了。他其他的论述都是我所熟悉的洛文斯式的攻击。我没有对此进行回应，因为所有的都已经在本书关于核电的那一章里写到了。另外戴维·布拉迪什（David Bradish）所写的核电研究所的博客上也有一篇很详细的反驳洛文斯的观点的文章。

让我感到惊讶的是，洛文斯并没有就我所提到的微型核反应堆（现在人们称之为“小型模块化核反应堆”）进行回应。在其他地方，他称这些微型核反应堆从本质上说是一个幻想。2010年3月，朱棣文为《华尔街日报》写了一篇社论，社论大为推介小型核反应堆并且指出：“在奥巴马总统关于2011年的预算请求里，奥巴马特别提出需要3900万美元的预算来进行小规模模块化核反应堆的开发。”而一位新的行业选手加入了进来，它是巴布科克（Babcok & Wilcox）公司，它过去半个世纪为美国海军建设核动力潜艇。该公司现在正在设计一款125兆瓦的可以制造的代号为“mPower”的轻水反应堆。

洛文斯认为只有全面推行节约，使用风电以及太阳能才能使得我们的能源使用不会给气候带来风险。但有一本书却很好地说明为何这并不是一定的。这就是《可持续能源：不需要热空气》（*Sustainable Energy: Without the Hot Air*，2009），作者是戴维·麦凯（David MacKay），他是剑桥大学的物理学家、英国能源和气候变化部门的首

席科学家。这本书有相当翔实的分析，描写生动具体并且配有大量插图，详细地说明英国要怎样做才能有效降低碳排放量。正如他的同行索尔·格里菲思所分析的，我们要采取的措施加起来是如此吓人，但假如真的都应用上的话，确实可以起到作用。他有一句话现在已经被经常引用了，“我不是要亲核，我只不过是在亲算术而已”。

写完这本书之后，我有一点儿思想上的变化还真是因为戴维·麦凯。在书中我对“洁净煤”技术是颇为看不起的，有一次跟麦凯吃饭，他跟我说，几乎每个国家都还是会使用到燃煤发电的技术，特别是在中国和印度，因为这样的电很便宜啊。因此我们需要想办法如何才能使得燃煤本身可以变得清洁，并且将过程中排放的二氧化碳捕捉起来，将其埋到地下，或者是用水泥将其封存起来。从这一点来说，戈尔那些花费大量金钱的诋毁洁净煤的电视广告反而不是好事。

我的另外一个转变是，我对于太空太阳能的期望被打碎了。埃隆·马斯科（Elon Musk）是专门发射火箭的太空探索科技公司（SpaceX）的首席执行官和太阳城（SolarCity）的主席。他告诉我说，哪怕进入太空是免费的，但是由于在太空进行能源收集和能源传输的转化率很低，因此我们不可能使用太空太阳能作为基荷电力的来源。

最后，我要后悔没有在书中讲述核聚变作为能源选项。跟大多数人一样，我认为这东西太好了，简直是不可能的——不需要去采矿（燃料就是氢气），不会排放任何温室气体，没有任何的废弃物，没有任何泄漏的风险，不会被用作武器。后来我去参观了加州的劳伦斯利弗莫尔国家实验室里的国家点火装置。在那里可以看到有一大排的激光都以500太瓦的能量以十亿分之一秒的速度对准了一个BB弹孔大小的氢同位素上，以此点燃氢原子并且使之发生聚变反应。早期的测试表明成功点火将会在2011年发生。一旦点火成功，那么后面最短只需10年就可以开发出一吉瓦的核聚变发电厂。

生物科技也有相当重要的新闻。美国国家科学院发表了一篇250页的研究报告，描述了转基因作物的环境及其社会效益。报告指出，相比于非转基因种植，种植转基因的农民所需成本更低，产量更高，安全性更大。而环境效益则是因为他们会使用更少的杀虫剂，更少有毒的除草剂，特别是不需要翻耕。

下一代的转基因作物被称为是“功能食物”，也就是“任何经过改造的包含有除传统养分之外的健康成分的食物或者食物成分”。而皮尤研究中心关于基因的一个研究则指出：“食品改进包含了一系列的东西，包括一些对心肌健康更为有利的食用油里包含的脂肪酸，对人体和动物营养都有意义的改良蛋白质，在食品中可以有更高的维生素和矿物质以帮助全球范围内缺乏这些营养的人，此外还有是对那些降低食物当中营养含量甚至是可能导致中毒的物质进行去除。”有机农夫应当被允许种植这些作物。假如不是如此的话，那么只会有一个越来越小的人群愿意花更多的钱来购买越来越不健康的食品。

在诺埃尔·金斯伯里（Noel Kingsbury）写的《杂交：植物育种的历史与科学》（*Hybrid: The History and Science of Plant Breeding*，2009）这本书里，我找到了一个与本书相关的故事，就把它添加到这里吧。早在1998年的时候，在印度，当时的孟山都种子生物科技公司正在进行Bt棉花的测试计划，范达娜·席娃谴责说，这样的科技是“自杀的种子，奴役的种子，绝望的种子”。与此同时，金斯伯里写道：

> 农民非常急切地想获得那些可以抗螟蛉的种子，并且他们还希望可以减少在农药方面的支出以及由此带来的危险。在孟山都种子生物科技公司实验中“逃逸”出来的一些Bt棉花的种子后来被用以培育新的“非官方”品种的Bt棉花品种……

截至2005年，估计有250万英亩的耕地都是在种植“非官方”的Bt棉花，是种植孟山都同类棉花面积的两倍。还有一个经过检验的棉花也种植开来了，这一状态被称为是“无政府资本主义”，小规模的种植者开始将可靠的本地品种与那些带有抗毛虫的Bt品种杂交。于是世界第一批转基因的地方品种也开始出现了……

席娃组织的“毁灭孟山都”的行动已经失败了，并且失败得非常惨。她从西方知识分子那里学来的反转基因的立场对于印度的农民没有产生任何影响，印度的农民展示出一点，他们不是技术或者是厂商广告的被动接受者，相反，他们自己也可以发挥积极的作用去塑造他们自身的生活。他们所做的行动也许比转基因的反对者所做到的任何一点都要更为反跨国资本主义的剥削。

2010年5月，克雷格·文特尔的团队成功培育出了一个有生命力的、可以自我复制的细胞，而这一细胞的基因组都是通过化学和计算机的手段创造出来的。“合成生物学”也因此迈向“合成生命”。他们这个团队在发表于《科学》杂志的文章中写道：“假如我们能够将这个实验的方法加以提炼，并且推而广之，那么合成染色体的设计、合成、组装以及移植将不再是合成生物学的障碍。”

几十年前我就猜测环保人士会对文特尔所大力推动的那种科技表示愤怒和警戒，但是出乎我意料的是，他们对于合成生物学并不感冒，虽然他们一直在抱怨转基因作物。关于核电的争议依然持续（虽然现在更多是在关注火力发电站），我打赌核聚变未来将会受到环保人士的欢迎，假如这一技术获得通过的话。根源于历史的对这类发展了几十年的“新技术”的抵制依然有，但是新的技术似乎没有引起当年那些老技术发展的时候所引起的恐惧和抗议。

另外我觉得需要添加一个非常优秀的关于环保新闻的网站：“环境360”（Environment 360）——是由耶鲁大学森林与环境研究中心维护的。

在地球工程方面有了重要的新闻。奥巴马政府在小行星控制方面迈出了重要一步。虽然美国政府取消了由NASA提出的返回月球的计划，但总统提议，下一次的人类对深度太空的探索应当是对一颗小行星的探索，并且也许会在2025年发生。而奥巴马的科学顾问约翰·霍尔登则评论说，假如我们实施小行星偏离计划的话，可以“展示我们人类比恐龙聪明，并且我们有能力躲过类似当年让恐龙走向灭绝的那种小行星袭击地球的事件”。

另外有两本关于地球工程的书终于出版了，分别是：杰夫·古德尔（Jeff Goodell）写的《如何给地球降温》（*How to Cool the Planet*，2010）以及伊莱·金肯提什（Eli Kintisch）写的《入侵地球》（*Hack the Planet*，2010）。他们两位都跟大部分早期的研究者谈过，包括肯·卡尔代拉，洛厄尔·伍德，约翰·莱瑟姆，斯蒂芬·索尔特思，拉斯·乔治（Russ George），戴维·基思，詹姆斯·洛夫洛克以及戴维·维克托。还有来自哈佛的拉塞尔·塞茨则提出了一个新的方案，那就是利用通过在海水里灌入小气泡使得海水汽化同时增强海水的反射率。

地球工程方面的科学家在阿西罗马会议中心开会，让人想起1975年的时候在同一地方举行的DNA重组方面的会议。环保组织也被邀请过来了，我也参加了。这次会议使用了英国皇家科学会做的一份颇具影响力的报告里的术语，该报告指出，地球工程有两种主要的形式，分别是太阳辐射管理与二氧化碳去除。大家逐渐走向一致的看法是，要去除二氧化碳往往是缓慢的，并且在大多数情况下产生的作用是微小的，对于全球气候的调节也不到位，但假如是在平流层里注射硫化物或者是对云层进行增亮，将会获得很好的调节效果。三天的会议基本上是肯定了“牛津原则”，那是由牛津大学的史蒂夫·雷纳（Steve Raynor）提交给英国议会的一份备忘录里所提到的一些原则：

- 地球工程需要为公众利益着想

• 公众需要参与到地球工程的决策当中

• 地球工程的研究需要公开，发表出来的研究成果需要公开获取

• 需要有独立的对地球工程影响的评估

• 在部署之前需要有联合的管治

换句话说，地球工程可能发生失误，也许会是因为有一家私型公司开始将二氧化硫注射到平流层，而且没有公开他们的研究计划或者研究成果，也没有外部的监督，更没有来自政府的许可。

当本书的精装版出现在市场上的时候，一部名为“地球日”（*Earth Days*）的讲述当代环保运动的影片开始出现在影院和电视上。我就在片中亮相，里面还有保罗·埃利希以及鲁斯蒂·施韦卡特。这部电影确实是由“地球日”之发起人丹尼斯·海耶斯和能源专家亨特·洛文斯（阿莫里的前任妻子）。影片导演罗伯特·斯通则把影片结尾的总结陈词交给了我。

当时我在《地球日》中讲的话用在这里也许也合适：

> 我们正在参与到一系列行动当中，并且这些行动将超出我们生命的界限，甚至超出我们的孩子、我们的孙子，超出我们的父母、我们的祖父母、我们的曾祖父母，去到至少整个人类文明的范围。一旦你理解了这些，你就可以走得更远，大到地球上350万年的生命历程当中，也许我们还会延续500万年。要从心底领悟到这一事实，是很有意思的事情。而一旦你心底明白了这一点，下一个星期一你将做些什么呢？

2010年5月

推荐书目

SCIENCE

Science (weekly magazine), Bruce Alberts, editor in chief.
Nature (weekly magazine), Philip Campbell, editor in chief.

If science is the only news, either of these prestigious weeklies will keep you current. You may want both. *Nature* is based in London, *Science* in Washington, D.C. Both publish extensive original research papers, along with articles interpreting the news, essays, book reviews, and editorials. The competition between the two magazines keeps them sharp.

New Scientist (weekly magazine), Roger Highfield, editor.

Many magazines attempt to gauge the meaning and significance of the news coming from science, but none do it better than this weekly, also from London.

Science Daily (online), Dan and Michele Hogan, editors.

A measure of the accelerating pace of science is the usefulness of a daily update on breaking news. This free (ad-based) Web site covers all the current science press releases six times a day. It's easy to tune your news feeds for just the subjects you're interested in.

SciDev.Net (online), David Dickson, director.

Applications of new science and technology for the developing world are the focus of this remarkable site. No ads; it is supported by

aid organizations. By arrangement with *Science* and *Nature*, links to full-length articles and papers in those publications can be followed without paying their subscription fee.

Technology Review (bimonthly magazine), Jason Pontin, editor in chief.

With its lively new Web site, this is now the best of many publications that track new technologies. Its editor and authors are comfortable voicing strong opinions.

National Geographic (monthly magazine), Chris Johns, editor in chief.

No other magazine has maintained such high quality for so long to such good effect. The world's finest photographs and graphics are now being matched with excellent writing to present current science in a planetary context.

CLIMATE

The Revenge of Gaia: Why the Earth Is Fighting Back—and How We Can Still Save Humanity (2006), James Lovelock.

The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning (2009), James Lovelock.

Of the many scientists studying climate change, Lovelock has the most comprehensive contemporary perspective, thanks to his decades of work on Gaia theory. These two books detail his analysis of how extreme the situation is becoming.

Six Degrees: Our Future on a Hotter Planet (2007), Mark Lynas.

Lynas succeeds where most others fail in making inescapably clear

how increasingly inhospitable the world will be with each increase of global temperature from 1° to 6°C. The book is a cure for an incrementalist approach to climate change. You don't think "We can handle a 2 degree rise" after you learn what that will mean.

can handle a 2-degree rise" after you learn what that will mean.

Plows, Plagues, and Petroleum: How Humans Took Control of Climate (2005), William Ruddiman.

If Ruddiman is right, climate is extraordinarily sensitive to human activity. That might be good news.

Climate Debate Daily (online), Douglas Campbell and Denis Dutton, editors.

There are scores of Web sites collecting science news, political news, blog commentaries, etc., related to climate. Some are alarmist, some are skeptical, some are neutral. This one is aggressively and fascinatingly neutral, presenting a rich brew of strong comments on every climate topic in a debatelike format. The hosts are philosophy professors.

CITIES

Shack/Slum Dwellers International (online)

With SDI, the world's urban poor have their own comprehensive Web site, linking the slum-improvement activities in thirty countries of the global south. Click around in it for a tour of amazing activities.

Shantaram: A Novel (2005), Gregory David Roberts.

This is the *Les Misérables* of the twenty-first century. Set in Mumbai's slums and underworld, it is one of the great romances.

The Places We Live (2008), Jonas Bendiksen.

First-rate photojournalism. Like the renowned Farm Security Administration photographers of the American Depression

years, Bendiksen went to the slums of Caracas, Nairobi, Mumbai, and Jakarta and brought back beautiful photographs from inside the shacks, along with first-person accounts by the shack dwellers.

Shadow Cities: A Billion Squatters, a New Urban World (2004), Robert Neuwirth.

Neuwirth demonstrates adventurous journalism at its best. When you're curious or worried about something, go and live there. You'll learn what to be really worried about and what to be inspired by.

Squatter City (online); Stealth of Nations (online), Robert Neuwirth, blogger.

Neuwirth is working on a book about the informal economy in slums and elsewhere. His two blogs keep you current on what he's finding.

Unleashing the Potential of Urban Growth: State of World Population 2007, United Nations Population Fund.

An upbeat, realistic survey of the current state of urbanization. It is a textbook for sensible urban policy.

Infrastructure: A Field Guide to the Industrial Landscape (2005), Brian Hayes.

We know more about the things on trees (leaves, twigs, bark) than about the things on telephone poles (primary and secondary electricity distribution lines, insulators, switches, fuses, transformers, street lights, cable TV feeders, phone cables, and the grounding lead). This glorious book cures ignorance on every infrastructural subject.

POPULATION

The Empty Cradle: How Falling Birthrates Threaten World Prosperity and What to Do About It (2004), Phillip Longman.

Fewer: How the New Demography of Depopulation Will Shape Our Future (2004), Ben Wattenberg.

Longman is a liberal, Wattenberg a conservative. Wattenberg is the better writer; Longman will get a more sympathetic hearing with environmentalists. Both are rightly worried.

NUCLEAR

Power to Save the World: The Truth About Nuclear Energy (2007), Gwyneth Cravens.

Besides presenting a persuasive case for nuclear power, the book is an exemplary account of a Green coming to see the world the way an engineer does. It demonstrates why more should.

NEI Nuclear Notes (online), Mark Flanagan and David Bradish, lead bloggers.

Nuclear advocacy at its best. Open-minded, even-handed, and alert, the Nuclear Energy Institute bloggers give context to nuclear news in a way that mainstream media don't.

GENETIC ENGINEERING

Tomorrow's Table: Organic Farming, Genetics, and the Future of Food (2008), Pamela Ronald and Raoul Adamchak.

Organic farming marries genetic engineering and lives happily ever after. The book has a real-life texture missing in most works about GE or organic.

The Doubly Green Revolution: Food for All in the Twenty-first Century (1999), Gordon Conway.

Experience tells. Conway has seen it all and knows exactly how GE fits into simultaneously feeding the world and protecting the environment.

Starved for Science: How Biotechnology Is Being Kept Out of Africa (2008), Robert Paarlberg.

Anatomy of an ongoing Green-sponsored atrocity in Africa.

Mendel in the Kitchen: A Scientist's View of Genetically Modified Foods (2006), Nina Fedoroff.

Geneticist Federoff gives a much fuller background for how GE works with food crops than I could.

CropBiotech Update (online).

The successes of GE throughout the world, along with entanglements it meets, are chronicled on a daily basis here.

New Science of Metagenomics: Revealing the Secrets of Our Microbial Planet (2007), Board on Life Sciences.

The oldest and by far the most profuse form of life is finally being studied properly, and we learn we've been living all this time on "the planet of the bacteria."

ENVIRONMENTALISM

Conservation (quarterly), Kathryn Kohm, editor.

Good editors challenge their readers. Kohm publishes heresies and innovations as well as the workaday discoveries in conservation biology. The result is an environmental publication filled with real news.

High Country News (biweekly), Jonathan Thompson, editor.
This tabloid specializes in Green reporting with a genuinely neutral point of view so that ranchers, loggers, hunters, businesspeople, and bureaucrats feel included rather than demonized. The region served is the American West.

Sierra (bimonthly), Bob Sipchen, editor in chief.
A full-feature environmentalist magazine, this publication from the Sierra Club focuses on practical matters rather than on the contentless inspirational woo-woo typical of Green periodicals such as *Orion*.

Earth Island Journal (quarterly), Jason Mark, editor.
For a thoroughly partisan Green publication, this one has impressive journalistic reach.

OnEarth (quarterly), Douglas Barasch, editor in chief.
Like its parent, the Natural Resources Defense Council, *OnEarth* is sober, careful, wide ranging, and not allergic to business or government in its Green advocacy.

GreenFacts (online), Jacques Wirtgen, general manager.
Based in Brussels, GreenFacts "provide summaries of scientific consensus reports on environment and health issues" in English, French, Spanish, and German. Its funding comes from nonprofits and governments as well as from private companies. The summaries are thorough, admirably designed for the Web, and linked to original sources. If you're researching any Green subject, this is the first place to check.

Constant Battles: The Myth of the Peaceful, Noble Savage (2003), Steven LeBlanc with Katherine Register.
There is a lot more to LeBlanc's book than what I've summarized

Nature is best understood if you include the harsh parts and the same is true of humanity.

The Idea of Decline in Western History (1997), Arthur Herman.
Romanticism has left a trail of bodies, many of them suicides, ever since Rousseau. It is a cult of heroic despair that ill serves the environmental movement.

Blessed Unrest: How the Largest Movement in the World Came into Being and Why No One Saw It Coming (2007), Paul Hawken.
This is the closest we have to a *Whole Earth Catalog* of environmental and social justice organizations. I would love to see its online expression, WiserEarth.org, become truly comprehensive.

Counterculture Green: The Whole Earth Catalog and American Environmentalism (2007), Andrew Kirk.
Some of the origins of the book you're holding can be traced in Kirk's study of the Green influence of the original *Whole Earth Catalog.*

Earthrise: How Man First Saw the Earth (2008), Robert Poole.
Don't take my word that the first Earth photographs were a boon for environmentalists. Poole chronicles the whole original event and the worldwide inspiration that resulted.

ECOLOGY

The Future of Life (2002), Edward O. Wilson.
Naturalist (1994), Edward O. Wilson.
Wilson's memoir, *Naturalist,* details one of the most productive lives in science and *The Future of Life* lays out the road map of

needs and techniques for conservation biology worldwide.

The Wild Trees: A Story of Passion and Daring (2007), Richard Preston.
I wanted to include in *Discipline* a paean to the intrepid lives of field biologists, but I couldn't fit it in. This book will do as a prime sample. In the tops of the tallest trees in the world a whole ecosystem was discovered by acrobatic biologists. *New Yorker* writer Preston learned the death-defying skills to join them there.

Lament for an Ocean: The Collapse of the Atlantic Cod Fishery (1998), Michael Harris.
What happens when you try to protect the fishermen rather than the fish.

Degrees of Disaster: Prince William Sound: How Nature Reels and Rebounds (1996), Jeff Wheelwright.
Deliciously inconvenient ground truth at the site of one of the great ecological-political arguments.

Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity (2008), Eric Chivian and Aaron Bernstein, editors.
An exploration, with dazzling graphics, of one of the most essential ecosystem services.

Ocean: An Illustrated Atlas (2008), Sylvia Earle and Linda Glover.
The best compendium of recent discoveries about the oceans and ocean life, presented with *National Geographic* panache. For humans this may be a "city planet," but for life and climate it's an ocean planet.

INDIANS

1491: New Revelations of the Americas Before Columbus (2005), Charles C. Mann.

What really happened on our continent is totally different from what we learned in school.

Tending the Wild: Native American Knowledge and the Management of California's Natural Resources (2005), M. Kat Anderson.

I wish every region in the world could have so complete an account of how the first human inhabitants engineered the ecosystem.

Where the Lightning Strikes: The Lives of American Indian Sacred Places (2007), Peter Nabokov.

The land is alive with ancient attention and reverence, and that continuity is worth maintaining.

RESTORATION

Bringing Back the Bush: The Bradley Method of Bush Regeneration (2002), Joan Bradley. (Most easily purchased online from CSIRO Publishing.)

Patience, vigilance, subtlety, craft, and success characterize the Bradley sisters' approach to defeating alien-invasive plants. The book is specific to Australia, but its techniques apply everywhere.

Nature by Design: People, Natural Process, and Ecological Restoration (2003), Eric Higgs.

Higgs is the first to offer a compelling general theory of restoration, leading to intelligent policy and practices.

Green Phoenix: Restoring the Tropical Forests of Guanacaste, Costa

Rica (2003), William Allen.

Preservation in the real world is always a richly tangled tale. Here is one of the great stories, with charismatic, eloquent Daniel Janzen in the middle of it.

Where the Land Is Greener: Case Studies and Analysis of Soil and Water Conservation Initiatives Worldwide (2007), Hanspeter Liniger, editor.

There are so many ingenious ways to bring life and productivity back to degraded land. Collecting them all in one book is a tremendous public service.

Where the Wild Things Were: Life, Death, and Ecological Wreckage in a Land of Vanishing Predators (2008), William Stolzenburg.

A well-written and persuasive presentation of essential-predator theory.

Life Out of Bounds: Bioinvasion in a Borderless World (1998), Chris Bright.

This is the best survey I've seen on the impacts of alien-invasive species and what to do about them.

The World Without Us (2007), Alan Weisman.

Exceptionally thorough field research distinguishes this account of what life gets up to as soon as humans step away. It is a fascinating read.

GEOENGINEERING

Dune (science fiction, 1965), Frank Herbert.

Because there were no nonfiction books on geoengineering available when I finished *Discipline* (though Jeff Goodell, Oliver Morton, and Eli Kintisch were working on some), I was

[illegible] were working on some), I was forced to look for the cream of science fiction terra-forming stories. *Dune* is as creamy as it gets. It features a planetary ecologist inspiring a native people to subversively convert their desert planet to an oasis.

Red Mars (1992), *Green Mars* (1993), *Blue Mars* (1996), science fiction trilogy by Kim Stanley Robinson.

This is a fine "hard science" saga of the human drama and climatological sophistication it might take to make Mars a good place to live. I could imagine a similar "Blue Earth," "Brown Earth" sequence of stories examining what would happen here if the climate tips all the way out of Gaian control and Earth becomes the next Mars.